Editora Bernoulli

BIOLOGIA

Volume 03

Sumário - Biologia

Frente A

Frente B

Frente C

Frente D

BIOLOGIA

MÓDULO 05 FRENTE A

Composição química dos seres vivos: vitaminas

As vitaminas são substâncias orgânicas de natureza química diversificada (ácidos orgânicos, amidas, aminas, etc.).

O nome vitamina, usado pela primeira vez por Casimir Funk (químico polonês), está diretamente relacionado com a descoberta dessas substâncias. Em 1911, Funk descobriu uma substância imprescindível para certos processos vitais. A análise química dessa substância revelou que ela era uma amina. Por isso, Funk passou a chamar tal substância de vitamina ("amina da vida").

Posteriormente, muitas outras substâncias com as mesmas propriedades daquela descoberta por Funk foram sendo descobertas. Entretanto, a análise química delas mostrou que nem todas possuem em sua estrutura molecular o grupamento amina. Por isso, a designação vitaminas para se referir a todas elas não é correta, mas, como foi consagrada pelo uso, é aceita e amplamente utilizada.

São substâncias requeridas em pequenas quantidades pelo organismo (menos de 1% da massa total do corpo), sendo, porém, indispensáveis. A maioria das vitaminas atua como coenzima ou faz parte de coenzimas. Assim, na ausência dessas substâncias, as enzimas que necessitam delas não atuam, com prejuízos para as células e para o organismo. A carência de vitaminas provoca distúrbios de maior ou menor gravidade, dependendo do tipo de vitamina. A carência total de uma determinada vitamina no organismo constitui uma avitaminose, enquanto a carência parcial constitui uma hipovitaminose. As hipovitaminoses são mais comuns que as avitaminoses e, geralmente, têm como causa a deficiência nutricional na dieta (alimentação). Por outro lado, quando há excesso de determinada vitamina, fala-se em hipervitaminose. Em alguns casos, as hipervitaminoses também podem trazer perigo para o organismo. O excesso de vitamina D, por exemplo, pode determinar calcificações graves em certos órgãos.

A classificação das vitaminas é feita de acordo com a sua solubilidade em água ou em lipídios. Assim, temos as vitaminas hidrossolúveis e as lipossolúveis.

As vitaminas hidrossolúveis (solúveis em água) compreendem as vitaminas do chamado complexo B e a vitamina C. No chamado complexo B, estão incluídas diversas vitaminas que, embora tenham fórmulas diferentes, têm origem quase nas mesmas fontes e desempenham papéis muito parecidos no organismo. Do complexo B fazem parte várias vitaminas, como a B_1, B_2, B_3 ou PP, B_6, B_{12}, H, P, além de outras. Quando ingeridas em grandes quantidades, o excesso dessas vitaminas é eliminado na urina.

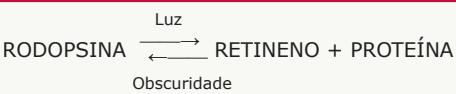
As vitaminas lipossolúveis (solúveis em lipídios) compreendem as vitaminas A, D, E e K. Quando ingeridas em doses excessivas, acumulam-se na gordura corporal e podem atingir níveis tóxicos no fígado.

As vitaminas estão amplamente distribuídas em diversos alimentos de origem animal e vegetal. Assim, uma dieta balanceada fornece as quantidades mínimas diárias de vitaminas de que necessitamos. Também são produzidas de forma sintética por diversos laboratórios.

Dependendo da fonte alimentar, as vitaminas podem ser encontradas tanto na forma ativa, prontas para serem absorvidas e utilizadas pelo organismo, como também podem ser encontradas sob a forma de provitaminas, isto é, numa forma precursora, ainda não ativa, que precisa de ser transformada em nosso organismo para poder ser utilizada. O caroteno, por exemplo, encontrado nos vegetais, especialmente naqueles que possuem coloração amarela ou alaranjada (cenoura, mamão, laranja, etc.), é a provitamina A. Quando ingerimos caroteno, no nosso organismo, ele é fragmentado em moléculas de vitamina A. Outro exemplo de provitamina é o ergosterol (provitamina D_2) que, quando ingerido pelo ser humano, é absorvido e transformado, em nossa pele, em vitamina D_2 ativa, por meio da ação dos raios ultravioleta do Sol. O mesmo acontece com o 7- deidrocolesterol (provitamina D_3), um derivado do colesterol encontrado nas secreções das glândulas situadas na nossa pele que, por ação dos raios solares, transforma-se em vitamina D_3 ativa.

As necessidades diárias de vitaminas podem variar de um indivíduo para outro e num mesmo indivíduo, conforme seus hábitos de vida. Em algumas situações, o organismo poderá demandar um aumento das necessidades vitamínicas. Isso acontece, por exemplo, quando há trabalho muscular intenso e prolongado, gravidez e lactação, necessidades do crescimento e da dentição, recuperação após uma doença (convalescenças), etc.

Certos cuidados também precisam ser observados para que os alimentos não percam seu valor vitamínico, uma vez que certas vitaminas são facilmente destruídas pelo calor, e outras, pela exposição prolongada ao oxigênio do ar. Como regra geral, para preservar ao máximo o valor vitamínico de verduras e legumes, estes devem ser, preferencialmente, consumidos crus ou cozidos por pouco tempo. O líquido resultante do cozimento pode ser utilizado para fazer sopas ou caldos, de modo que as vitaminas neles presentes não sejam perdidas. Os vegetais para salada e as frutas só devem ser cortados na hora de serem servidos, para evitar a oxidação destrutiva de suas vitaminas pelo contato mais prolongado com o oxigênio do ar.

PRINCIPAIS VITAMINAS

- **Vitamina A (Axeroftol, Retinol)** – É encontrada principalmente no leite e em seus derivados, na gema do ovo e nos óleos de fígado de peixes. Nos vegetais, como o mamão, a cenoura, a abóbora e outros de coloração amarelo-alaranjada, ela é encontrada sob a forma de provitamina A (caroteno).

  Essa vitamina é importante para o crescimento normal do organismo, para a função visual (sendo, por isso, chamada, às vezes, vitamina da visão) e também para a manutenção da integridade do tecido epitelial.

  Seu papel no crescimento de animais, inclusive do homem, consiste em estimular a ossificação por meio da síntese de ácido condroitin-sulfúrico, que é uma glicoproteína que faz parte da matriz óssea (substância intercelular do tecido ósseo).

  Nos nossos olhos, a vitamina A é importante para a formação da rodopsina (púrpura visual), pigmento que tem a finalidade de aumentar a sensibilidade da retina à luz. Sabemos que a transformação da energia luminosa em impulso nervoso tem lugar na retina (camada mais interna do olho) e depende de reações químicas que se passam envolvendo pigmentos fotossensíveis aí existentes. Um desses pigmentos é a rodopsina, formada por uma proteína e por um radical, chamado retineno, derivado da vitamina A.

  Em presença de luz, a rodopsina é desdobrada em retineno e proteína. Nessa "quebra", parte do retineno é perdida. Na obscuridade, ocorre a síntese da rodopsina. Como parte do retineno é perdida na reação de "quebra" da rodopsina, a síntese desse pigmento visual depende de outras fontes de retineno. Essas fontes são as moléculas de vitamina A.

  $$\text{RODOPSINA} \underset{\text{Obscuridade}}{\overset{\text{Luz}}{\rightleftharpoons}} \text{RETINENO + PROTEÍNA}$$

  Em diferentes situações, somos capazes de perceber os efeitos das reações descritas no quadro anterior. Por exemplo: quando passamos de um lugar claro (com muita iluminação) para outro escuro (com pouca ou nenhuma iluminação), costumamos ficar temporariamente "cegos". Entretanto, após alguns segundos, tempo necessário para que, na nossa retina, se formem os pigmentos de rodopsina, a nossa visão torna-se mais nítida. Isso acontece, por exemplo, quando entramos numa sala de projeção em que o filme já tenha começado. Se, ao contrário, passamos rapidamente de um lugar escuro para outro muito claro, é comum os nossos olhos ficarem temporariamente ofuscados até que a luz que está entrando neles destrua o excesso de rodopsina que está hipersensibilizando a retina e, só então, a nossa visão volta a se normalizar.

  Um indivíduo que não consegue produzir uma taxa adequada de rodopsina não conseguirá enxergar bem em ambientes mal iluminados. Como para produzir a rodopsina é necessária a vitamina A, indivíduos carentes dessa vitamina podem apresentar hemeralopia ("cegueira noturna"), doença que se caracteriza pela dificuldade de enxergar em locais pouco iluminados.

  A integridade do tecido epitelial de revestimento encontrado em nossa pele e mucosas, bem como a do tecido epitelial glandular, também depende da vitamina A. A carência dessa vitamina torna a pele áspera, com descamações e erupções que geralmente aparecem primeiro nos membros superiores e depois se estendem por todo o corpo. Também pode ocorrer atrofia nas glândulas, por exemplo nas glândulas lacrimais. O comprometimento das nossas glândulas lacrimais por deficiência de vitamina A leva a uma diminuição na produção de lágrimas, com consequente ressecamento da córnea: é a chamada xeroftalmia ("olho ressecado"), que causa ulcerações e a perda da transparência da córnea e, em virtude disso, a cegueira. Por essa razão, a vitamina A também é conhecida como a vitamina antixeroftálmica.

- **Vitamina B_1(Tiamina)** – Foi a primeira vitamina descoberta (1911). Suas principais fontes são: leveduras ou lêvedos (levedura da cerveja, por exemplo), cutícula de cereais (arroz, trigo, etc.), soja, feijão, fígado, peixes, ovos, leite e derivados.

  Atua como coenzima nas descarboxilases, enzimas de grande importância nas reações da respiração celular feitas a partir da glicose. Como o tecido nervoso é extremamente dependente da glicose como fonte de energia, a carência dessa vitamina provoca polineurite (inflamação generalizada dos nervos) e, em consequência disso, atrofia e paralisia dos músculos. Esse quadro clínico caracteriza a avitaminose conhecida por beribéri. Por isso, afirma-se que a vitamina B_1 é a vitamina antiberibérica.

  No beribéri, além da polineurite e da profunda fraqueza muscular, que impede, muitas vezes, o indivíduo de manter-se em pé sozinho, a pessoa apresenta ainda absorção defeituosa de alimentos no intestino, emagrecimento, anorexia (falta de apetite), crescimento retardado e insuficiência cardíaca com retardamento dos batimentos cardíacos (bradicardia).

- **Vitamina B_2 (Riboflavina)** – Contém uma molécula de ribose em sua constituição química, sendo facilmente encontrada em vários alimentos como leite e derivados, ovos, legumes, vegetais folhosos (couve, repolho, espinafre, etc.), fígado, levedura da cerveja, etc. Também é sintetizada em pequena quantidade pelas bactérias da nossa microbiota intestinal normal.

Faz parte das citocromo-oxidases e citocromo-redutases, enzimas que também atuam nas reações da respiração celular. Essa vitamina tem importante papel no crescimento do organismo, e sua carência pode acarretar queilose (rachaduras nos cantos dos lábios), glossite (inflamação da língua) e fotofobia (intolerância à luz). A falta dessa vitamina provoca ainda perturbações digestivas, depressão nervosa, diminuição da vitalidade e predisposição para desordens mentais.

- **Vitamina B_3 (Niacina, Nicotinamida)** – Suas principais fontes são levedura da cerveja, carnes magras, ovos, fígado, peixes, leite e derivados.

  Entra na constituição das desidrogenases e do NAD. As desidrogenases são enzimas que participam das reações de desidrogenação (reações que liberam hidrogênios), enquanto o NAD (**N**icotinamida-**A**denina-**D**inucleotídeo) é uma substância que atua como aceptora e transportadora de hidrogênios nas reações da respiração celular. Sua carência no organismo causa a pelagra, doença grave que, se não tratada, pode culminar com a morte do indivíduo.

  A pelagra se caracteriza como uma dermatite (inflamação da derme) intensa, com rachaduras dolorosas na pele e lesões das mucosas, em especial da mucosa intestinal, provocando diarreia e neurite grave do sistema nervoso central, o que pode levar à demência (loucura). Por causar dermatite, diarreia e demência, a pelagra também ficou conhecida como a "doença dos três D". Por evitar a pelagra, a vitamina B_3 também é conhecida por vitamina PP (Preventivo da Pelagra) e vitamina antipelágrica.

- **Vitamina B_6 (Piridoxina)** – É encontrada em carnes, cereais integrais, verduras e fígado. Atua como coenzima nas reações do metabolismo dos aminoácidos. A carência dessa vitamina causa alterações neurológicas, dermatite, fraqueza muscular e cálculos renais.

- **Vitamina B_9 (Ácido fólico)** – Essa vitamina recebe o nome ácido fólico (de folhas), porque sua presença foi demonstrada primeiramente nas folhas dos vegetais. Entretanto, tal vitamina também é encontrada em alimentos de origem animal, como fígado, coração e rins de bovinos. Além disso, é sintetizada por numerosas bactérias, inclusive as da nossa microbiota intestinal.

  Ela é necessária para a formação dos ácidos nucleicos, uma vez que participa como coenzima da reação que sintetiza nucleotídeos. Essa vitamina também é necessária ao processo de maturação dos glóbulos vermelhos (hemácias). Na carência dela, glóbulos vermelhos imaturos são lançados na corrente sanguínea, ocasionando um tipo de anemia conhecida por anemia perniciosa.

- **Vitamina B_{12} (Cianocobalamina, cobalamina)** – Possui cobalto em sua constituição e suas principais fontes são: leveduras, carne, fígado, peixes, leite e derivados. À semelhança do ácido fólico, essa vitamina atua como coenzima na biossíntese dos ácidos nucleicos e também tem um papel essencial no processo de maturação dos glóbulos vermelhos. Sua carência também causa a anemia perniciosa. Essa vitamina é muito conhecida como vitamina antianêmica.

- **Vitamina P (Rutina)** – Encontrada principalmente em legumes e vegetais folhosos. Atua evitando a fragilidade dos capilares sanguíneos, uma vez que fortalece as paredes desses vasos. Sua carência pode determinar o aparecimento de microvarizes (pequenas varizes).

- **Vitamina H (Biotina, vitamina B_8)** – É encontrada principalmente nos legumes, frutos, leveduras, ovos, fígado, leite e derivados. Também é sintetizada por bactérias da nossa microbiota intestinal. Tem ação sobre a preservação dos epitélios de revestimento (pele e mucosas) e contribui para evitar a queda dos pelos. Sua carência pode causar dermatite generalizada e alopecia (perda dos pelos).

- **Vitamina C (Ácido ascórbico)** – Suas principais fontes são as frutas cítricas (acerola, limão, laranja, etc.), tomate, pimentão, hortaliças verdes e folhosas (couve, agrião, etc.).

  A vitamina C evita a fragilidade dos capilares sanguíneos e atua na formação da substância intercelular do tecido conjuntivo. Também possui ação antioxidante. Sua carência causa uma avitaminose, conhecida por escorbuto.

  O escorbuto se caracteriza por hemorragias cutâneas e gengivais, inflamação nas articulações, perda do apetite, perda de peso e da resistência orgânica.

  A vitamina C também é conhecida por vitamina antiescorbútica.

- **Vitamina D (Calciferol, colecalciferol)** – Leite e derivados, gema do ovo e óleo de fígado de bacalhau são exemplos de alimentos ricos dessa vitamina, que também é sintetizada em nossa pele, por meio da exposição aos raios solares.

  A vitamina D exerce importante função no metabolismo do cálcio e fósforo, estimulando a absorção desses elementos no intestino e a fixação dos mesmos nos ossos e nos dentes.

  Na ossificação (processo de formação dos ossos), é indispensável a presença de sais de cálcio e de fósforo para dar a dureza necessária a esses órgãos; e para que haja uma perfeita fixação desses elementos nos ossos, é indispensável a presença da vitamina D.

  A carência da vitamina D na infância causa o raquitismo, avitaminose caracterizada pela formação de ossos fracos e tortuosos, "peito de pombo" (curvatura óssea do tórax para fora) e membros inferiores recurvados. A vitamina D, portanto, é a vitamina antirraquítica.

No indivíduo adulto, cujos ossos já estão totalmente formados, a deficiência da vitamina D provoca osteomalácia (amolecimento dos ossos).

Além das alterações ósseas, a falta dessa vitamina compromete também o desenvolvimento normal dos dentes, podendo causar dentição defeituosa e predisposição ao aparecimento de cárie.

Na realidade, existem três vitaminas do tipo D: vitamina D_2 (ergocalciferol); vitamina D_3 (7-deidrocolesterol ativado ou colecalciferol); e a vitamina D_1, que é uma mistura das vitaminas D_2 e D_3. Todas exercem a mesma função.

Existem também duas provitaminas do tipo D: a provitamina D_2 (ergosterol) e a provitamina D_3 (7-deidrocolesterol inativo). Em nossa pele, sob a ação dos raios solares, essas provitaminas transformam-se, respectivamente, em vitaminas D_2 e D_3.

- **Vitamina E (Tocoferol)** – É abundante em alimentos vegetais (óleos vegetais, verduras frescas, ervilha, aveia, cevada, milho, amendoim, banana, etc.). Da mesma forma, é encontrada em alimentos de origem animal, como carne, fígado e ovos. Além de ter ação antioxidante, também exerce ação protetora sobre a musculatura. Sua carência pode causar degeneração, atrofia e paralisia dos músculos esqueléticos.

OBSERVAÇÃO

Experiências realizadas com ratos constataram que os machos alimentados com rações deficientes de vitamina E apresentaram atrofia dos testículos (glândula em que são produzidos os espermatozoides) e, em consequência, tornaram-se estéreis. Por isso, essa vitamina é conhecida como vitamina antiestéril. Nas fêmeas desses animais, constatou-se que, embora continuassem a ter ovulação (liberação dos óvulos), a gestação não se completava (ocorriam abortos). Por isso, a vitamina também passou a ser conhecida como vitamina da fecundação. Na espécie humana, não existe comprovação de que a carência da vitamina E seja um fator de esterilidade ou de abortos espontâneos. O efeito antiestéril dessa vitamina no homem ainda é bastante discutido pelos pesquisadores.

- **Vitamina K (Filoquinona, Naftoquinona, Menadiona)** – Fígado, hortaliças folhosas (alface, couve, espinafre, etc.), alho e legumes são importantes fontes dessa vitamina, que também é sintetizada por bactérias da nossa microbiota intestinal.

Tal vitamina é indispensável ao processo de coagulação do sangue. Assim, nos indivíduos carentes de vitamina K, o sangue demora mais tempo para se coagular, aumentando o tempo da hemorragia (perda de sangue), o que em certos casos pode ser fatal. Por isso, a vitamina K é conhecida como vitamina anti-hemorrágica.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Associe as duas colunas.

1 Vitamina A	( ) Antianêmica
2 Vitamina B_1	( ) Antipelágrica
3 Vitamina B_3(PP)	( ) Antixeroftálmica
4 Vitamina B_{12}	( ) Antirraquítica
5 Vitamina C	( ) Antiberibérica
6 Vitamina D	( ) Antiestéril
7 Vitamina E	( ) Antiescorbútica
8 Vitamina K	( ) Anti-hemorrágica

A numeração **CORRETA** da coluna da direita, de cima para baixo, é ______________________________________.

02. (Cesgranrio) Foi feita a análise da composição química do corpo inteiro de um pequeno animal, determinando-se as taxas percentuais das seguintes categorias de substâncias: água, proteínas e nucleoproteínas, lipídios, carboidratos, sais minerais (cinzas) e vitaminas.

Assinale, entre as taxas a seguir referidas, a que deve corresponder às vitaminas, de acordo com o que se sabe sobre sua significação nutritiva e suas exigências na alimentação.

A) > 60%
B) < 1%
C) 5%
D) 13%
E) 16%

03. (UFES) As vitaminas são alimentos essenciais porque

A) são altamente energéticas.
B) fazem parte da estrutura das membranas.
C) fornecem aminoácidos para a síntese das proteínas.
D) atuam junto com as enzimas, auxiliando a catálise das reações biológicas.
E) participam dos processos de transmissão dos estímulos de uma célula para outra.

04. (UEM-PR–2010) Vitaminas são substâncias orgânicas necessárias ao funcionamento adequado do organismo humano. Assim, identifique o que for **CORRETO** sobre os seus sintomas de deficiência e as suas fontes alimentares.

01. A coagulação do sangue é prejudicada pela carência da vitamina K, cuja fonte alimentar são os vegetais verdes, entre outros exemplos.
02. O escorbuto surge no organismo humano em consequência de alimentação deficitária em vitamina C.
04. Vegetais vermelhos, como a beterraba e o pimentão, são as principais fontes alimentares da vitamina D.
08. A vitamina E previne a doença conhecida como pelagra.
16. A doença conhecida por beribéri surge em decorrência da deficiência de vitamina A.

Soma (   )

05. (UnB-DF) Quanto às vitaminas, todas as afirmativas a seguir estão corretas, **EXCETO**

A) A vitamina A, encontrada principalmente em ovos e leite, é protetora do epitélio, e sua carência pode determinar a cegueira noturna.

B) A vitamina D, encontrada principalmente nas frutas cítricas, age no metabolismo das gorduras, e sua carência pode determinar o beribéri.

C) A vitamina B_{12} pode ser sintetizada por bactérias intestinais, e sua carência pode determinar a anemia perniciosa.

D) A vitamina C, encontrada em vegetais, mantém normal o tecido conjuntivo, e sua carência pode determinar o escorbuto.

E) A vitamina K atua como um dos fatores indispensáveis à coagulação sanguínea.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Eijkman, em 1883, pesquisando sobre as possíveis causas da incidência de beribéri em Java, coletou, em 100 prisões da região, os dados tabulados a seguir:

Condições analisadas		% de prisões onde ocorria beribéri
I. Dieta constituída de:	arroz integral	20,7
	arroz polido	70,6
	arroz integral e polido	46,0
II. Idade dos edifícios:	02 a 20 anos	45,2
	21 a 40 anos	34,4
	40 a 100 anos	50,0
III. Ventilação nos edifícios:	boa	41,2
	média	42,7
	deficiente	33,3

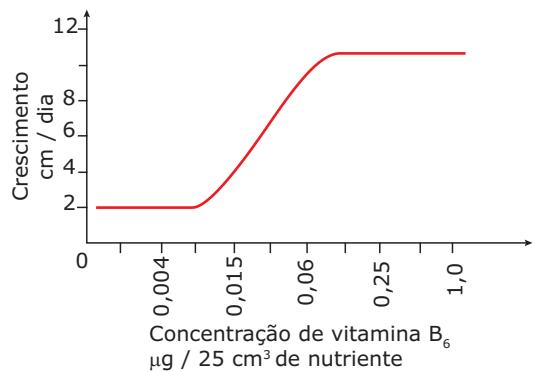
A partir desses dados, pode-se concluir que o(s) principal(is) fator(es) relacionado(s) à incidência de beribéri é (são)

A) dieta.

B) ventilação.

C) idade do edifício.

D) dieta e ventilação.

E) idade do edifício e ventilação.

02. (UFMG) O uso de antibióticos pode afetar a flora intestinal humana e assim produzir a deficiência de uma vitamina lipossolúvel. Entre as afirmações a seguir, indique o que pode ocorrer devido a essa deficiência.

A) Lesões da pele (pelagra)

B) Propensão a hemorragias

C) Deformações ósseas em crianças

D) Anemia perniciosa

E) Cegueira noturna

03. (UFMG) Alguns acidentes automobilísticos ocorridos à noite são atribuídos a uma doença chamada cegueira noturna. Essa doença é causada pela falta de

A) vitamina A.

B) vitamina B.

C) vitamina C.

D) vitamina E.

E) vitamina D.

04. (UFMG) O gráfico a seguir mostra a curva de crescimento de um mutante de *Neurospora* em diferentes concentrações de vitamina B_6.

Essa curva foi obtida por Beadle e Tatum quando estudaram o crescimento de um mutante de *Neurospora*, incapaz de sintetizar a vitamina B_6. Diferentes concentrações dessa vitamina foram adicionadas à cultura, e a taxa de crescimento foi avaliada. Sabendo-se que o teor de vitamina B_6 foi o único fator variável no experimento, a observação do gráfico nos permite fazer as afirmações seguintes, **EXCETO**

A) Há uma correlação positiva entre o crescimento do mutante e a concentração de vitamina B_6 no meio de cultura.

B) A vitamina B_6 é um componente essencial ao metabolismo da *Neurospora*.

C) Nas concentrações de vitamina B_6 de 0,015 micrograma por 25 cm^3 de nutriente, a cultura apresenta um índice de crescimento mais acelerado.

D) O maior aumento da taxa de crescimento se verifica entre as concentrações de 0,25 e 1,0 micrograma por 25 cm^3.

E) Se for usada a concentração de 2,0 microgramas por 25 cm^3, provavelmente não haverá um aumento significativo na taxa de crescimento.

05. (PUC Minas) As deficiências de vitaminas A, tiamina, C e nicotinamida produzem, respectivamente,

A) acrodinia, raquitismo, alopecia, beribéri.

B) cegueira noturna, beribéri, escorbuto, pelagra.

C) deficiência de coagulação, alopecia, raquitismo, pelagra.

D) pelagra, escorbuto, raquitismo, xeroftalmia.

E) xeroftalmia, beribéri, escorbuto, deficiência de coagulação.

06. (PUC Minas) A deficiência de vitamina K pode provocar

A) beribéri.

B) raquitismo.

C) distúrbios de coagulação.

D) cegueira noturna.

E) escorbuto.

07. (UFPI) *A descoberta recente de que grandes doses de vitamina C podem ter efeito contrário ao que se pretende foi apenas mais um balde de água fria nesse modismo de dieta. [...] A conclusão é de Barry Halliwell da Universidade de Londres. [...] A vitamina C tem sido muito alardeada comercialmente como solução para problemas de "estresse oxidativo" das células, provocado pelos radicais livres. [...] Vários estudos demonstraram o papel antioxidante da vitamina C* in vitro *– isto é, em tubos de ensaio em laboratórios. Já os resultados sobre esse efeito* in vivo *– isto é, em organismos vivos – ainda são pouco reveladores. [...] A vitamina C é essencial à dieta humana, mas muitas questões sem resposta permanecem, concluiu Halliwell.*

FOLHA DE S. PAULO, 03 maio 1998.

Pode-se ver, pelo texto anterior, que supostos efeitos da vitamina C são questionáveis. No entanto, não há nenhuma dúvida de que ela

A) previne todos os tipos de câncer.

B) atua na coordenação motora.

C) atua na coagulação do sangue.

D) evita a cegueira noturna.

E) é essencial à dieta humana.

08. (UGF-RJ) Associe as duas colunas:

1 Ácido ascórbico	( ) Raquitismo
2 Tiamina	( ) Escorbuto
3 Nicotinamida	( ) Beribéri
4 Axeroftol	( ) Pelagra
5 Calciferol	( ) Hemeralopia

A sequência **CORRETA**, de cima para baixo, é

A) 5 – 1 – 2 – 3 – 4.

B) 5 – 4 – 3 – 2 – 1.

C) 4 – 5 – 3 – 2 – 1.

D) 4 – 5 – 2 – 1 – 3.

09. (UNAERP-SP) Considere a seguinte tabela de valores nutricionais das frutas:

Para cada 100g	Proteína (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)	Vitamina A (µg)	Vitamina B_1 (mg)	Vitamina B_2 (mg)	Vitamina C (mg)
Abacaxi	0,4	18	8	0,5	5	0,08	0,128	27
Açaí	3,8	118	58	11,8	-	0,36	0,01	9
Acerola	0,68	8,7	16,2	0,17	0,48	0,079	0,028	1 000
Cupuaçu	1,76	23	26	2,6	30	1,8	0,215	26,5
Pêssego	0,8	9	24	1	375	0,04	0,07	27

Recomendou-se a uma pessoa portadora de beribéri consumir diariamente uma entre as frutas anterioes. A fruta que mais contribuiria para a cura dessa deficiência é a (o)

A) acerola.

B) açaí.

C) abacaxi.

D) cupuaçu.

E) pêssego.

10. (UFV-MG) Recentemente, a Engenharia Genética possibilitou a transferência de genes controladores da rota de biossíntese da provitamina A para o genoma do arroz. Desse modo, foi produzido o chamado *Golden Rice*, ou arroz dourado. De acordo com os autores do projeto, o consumo desse tipo de arroz poderia amenizar os problemas de carência dessa vitamina em populações de países subdesenvolvidos.

Em relação à provitamina A, é **INCORRETO** afirmar que

A) está associada ao betacaroteno.

B) sua deficiência está normalmente associada ao escorbuto.

C) pode ser encontrada como provitamina na cenoura e na abóbora.

D) sua deficiência está associada à xeroftalmia.

E) não é biossintetizada pelo organismo humano.

11. (PUC Minas) É comum observamos que uma boa parte da gordura do leite fica aderida à parte interna dos saquinhos quando estes ficam estocados na geladeira por algum tempo. Todas as manhãs, Seu Antonino, o farmacêutico, agita bem o saquinho de leite, para desgrudar a gordura e reincorporá-la ao leite, antes de cortar o saquinho e verter seu conteúdo. Dona Olegária, mais pobre e com cinco crianças para alimentar, não tem o mesmo cuidado e perde boa parte da gordura do leite.

O leite servido por Dona Olegária, em relação ao leite servido por Seu Antonino, deve apresentar menorquantidade dos seguintes nutrientes, **EXCETO**

A) triglicerídeos.

B) vitamina D.

C) vitamina C.

D) vitamina A.

E) colesterol.

12. (PUC Minas) Originária da Índia, a manga ganha o paladar dos brasileiros. A fruta é muito rica em vitamina C, que além de outras funções específicas no organismo, atua como antioxidante, combatendo os radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento das células.

De acordo com o texto anterior, assinale a alternativa que apresenta sintomas da avitaminose que podem ser combatidos pela ingestão frequente de manga.

A) Inflamação e degeneração dos nervos.

B) Anemia perniciosa e distúrbios do sistema nervoso.

C) Hemorragias e sangramento das gengivas.

D) Problemas de visão, especialmente cegueira noturna.

13. (UFMG) Esta tabela refere-se ao teor de minerais e de vitaminas expressos em mg por 100 g de parte comestível de alguns alimentos.

	Minerais			Vitaminas		
Alimento	**Ca**	**P**	**Fe**	**A**	**B_1**	**C**
Abacate	13	47	0,7	20	0,07	12
Couve	203	63	1,0	650	0,20	92
Goiaba	22	26	0,7	26	0,04	218
Grão-de-bico	68	353	7,0	0	0,46	5

Com base nos dados dessa tabela, assinale a alternativa que contém uma recomendação alimentar **INADEQUADA**.

A) Abacate para pessoas que sofrem de beribéri.

B) Couve para alguém com osteoporose e xeroftalmia.

C) Goiaba para quem sofre de escorbuto.

D) Grão-de-bico para pessoas anêmicas.

14. (Unicamp-SP) Cada marinheiro da esquadra de Cabral recebia mensalmente para suas refeições 15 Kg de carne salgada, cebola, vinagre, azeite e 12 Kg de biscoito. O vinagre era usado nas refeições e para desinfetar o porão, no qual, acreditava-se, escondia-se a mais temível enfermidade da vida no mar. A partir do século XVIII, essa doença foi evitada com a introdução de frutas ácidas na dieta dos marinheiros. Hoje, sabe-se que essa doença era causada pela deficiência de um nutriente essencial na dieta.

BUENO, Eduardo. *A viagem do descobrimento*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998. (Adaptação).

A) Que nutriente é esse?

B) Que doença é causada pela falta desse nutriente?

C) **CITE** duas manifestações aparentes ou sintomas dessa doença.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil.

Os últimos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira estão acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e os remédios que prometem um emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos, foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação das lipases, enzimas que aceleram a reação de quebra de gorduras. Sem serem quebradas, elas não são absorvidas pelo intestino, e parte das gorduras ingeridas é eliminada com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contraindicações, pois a gordura não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois

A) essas vitaminas, por serem mais energéticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.

B) a ausência dos lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.

C) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.

D) as lipases também desdobram as vitaminas para que estas sejam absorvidas.

E) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.

02. O enriquecimento de alimentos com nutrientes essenciais para o homem é uma prática que vem aumentando por parte da indústria alimentícia.

As opções abaixo representam nutrientes acrescentados a alguns alimentos, com as respectivas vantagens para o homem.

I. Biscoitos enriquecidos com cálcio, nutriente importante para prevenir o escorbuto.

II. Farinha de trigo com ferro, para diminuir a incidência de anemia.

III. Leite enriquecido com vitamina A, importante na prevenção da diarreia.

IV. Sucos acrescidos de vitamina C, que apresenta ação antioxidante.

É correto o que se afirma apenas em

A) I e II.
B) I e III.
C) II e III.
D) II e IV.
E) III e IV.

GABARITO

Fixação

01. 4, 3, 1, 6, 2, 7, 5, 8
02. B
03. D
04. Soma = 03
05. B

Propostos

01. A
02. B
03. A
04. D
05. B
06. C
07. E
08. A
09. D
10. B
11. C
12. C
13. A
14. A) Vitamina C (ácido ascórbico).
B) Escorbuto.
C) Sangramento das gengivas, hemorragias cutâneas, inflamação nas articulações, perda do apetite, emagrecimento, fraqueza.

Seção Enem

01. E
02. D

BIOLOGIA

MÓDULO 06 FRENTE A

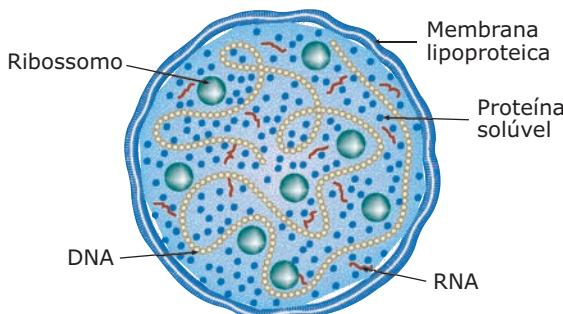
Citologia: revestimentos externos da célula

Na matéria viva, assim como na matéria bruta, os átomos se associam formando as moléculas. Entretanto, na matéria viva, ao contrário da matéria bruta, as moléculas se organizam formando estruturas que se associam, originando unidades mais complexas, denominadas células.

A célula pode ser conceituada como a unidade morfofisiológica dos seres vivos. Unidade morfológica, porque todos os seres vivos (com exceção dos vírus) são constituídos de células; unidade fisiológica, porque a célula é a menor porção do ser vivo capaz de desempenhar as funções relacionadas à manutenção da vida no organismo.

Em sua maioria, as células são estruturas microscópicas, cujas dimensões são medidas em unidades especiais, como o micrômetro (μm), o nanômetro (nm) e o angstron (Å).

1μm = 0,001 mm = 10^{-3} mm
(um milésimo do milímetro)

1nm = 0,000001 mm = 10^{-6} mm
(um milionésimo do milímetro)

1Å = 0,0000000001 mm =10^{-10} mm
(um décimo milionésimo do milímetro)

Unidades usadas para medir as dimensões das estruturas celulares *– Tradicionalmente, a milésima parte do milímetro era chamada mícron (singular) e micra (plural). Seu símbolo era μ. Modernamente, prefere-se o termo micrômetro (μm). É importante não confundir μm (micrômetro) com mμ (milimicra), que é a milésima parte do micrômetro. Atualmente, o milimicra foi substituído por outro nome: o nanômetro (nm).*

As menores células conhecidas são as dos PPLO (*Pleuro-Pneumoniae Like Organisms*), que chegam a medir cerca de 0,1 μm de diâmetro.

Célula de PPLO ao M/E (microscópio eletrônico) *– Os PPLO são parasitas que causam doenças respiratórias, especialmente em aves.*

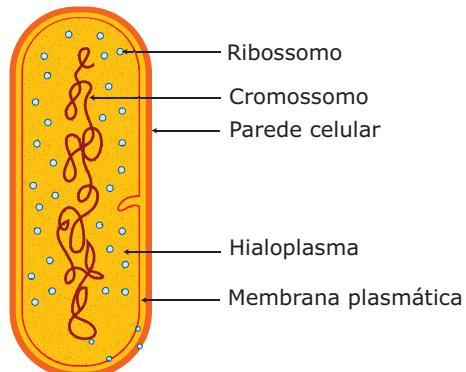
Alguns poucos exemplos de células possuem dimensões macroscópicas, podendo, inclusive, serem vistas a olho nu. É o caso, por exemplo, da célula da alga marinha acetabulária, que pode chegar a 10 cm de comprimento.

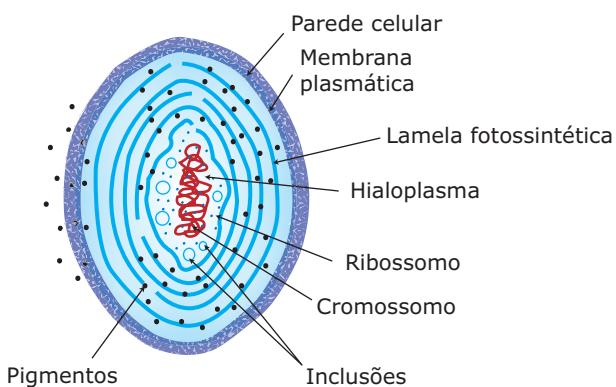
Geralmente, a forma da célula está diretamente relacionada com a função que esta realiza no organismo. Cada tipo celular é especializado para o exercício de determinadas funções.

COMPONENTES DA CÉLULA

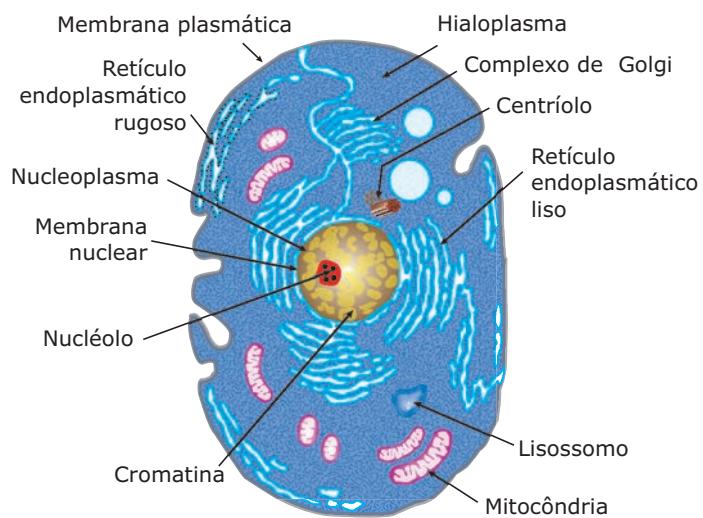
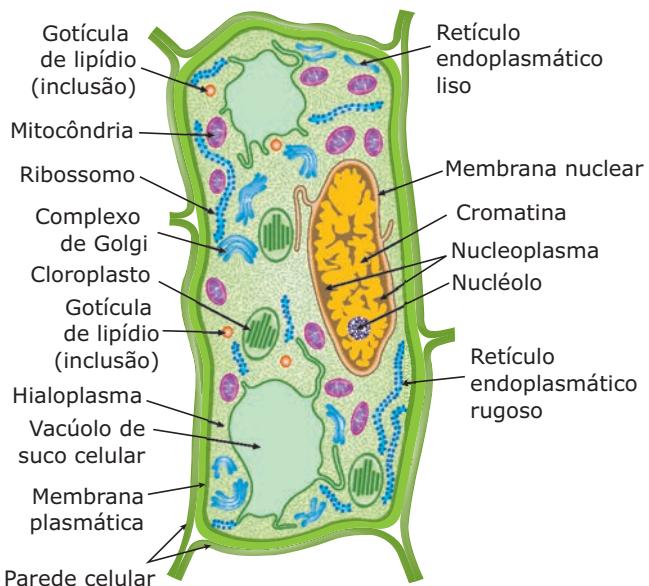
Podemos dizer que, de um modo geral, as células apresentam três componentes básicos ou fundamentais: revestimento externo, citoplasma e material nuclear.

De acordo com a complexidade de organização, existem dois tipos de células: procariotas e eucariotas.

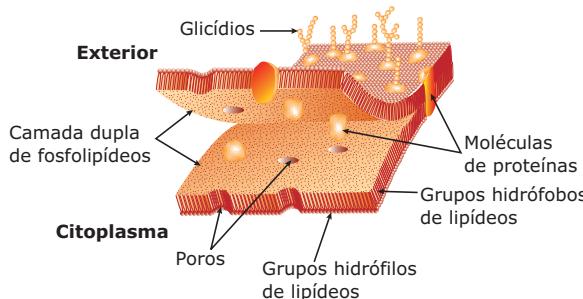
1) As **células procariotas (procarióticas, protocélulas)** são as menos complexas e, geralmente, menores do que as eucariotas. Não possuem núcleo individualizado, uma vez que não têm membrana nuclear (carioteca) separando o material nuclear do material citoplasmático. O filamento cromossômico fica em contato direto com o citoplasma. A região ocupada pelo cromossomo na célula procariota chama-se nucleoide. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de procariontes (do grego *protos*, primitivo, e *karion*, núcleo) e estão representados pelas bactérias, incluindo as cianobactérias (anteriormente chamadas de cianofíceas ou algas azuis). Algumas bactérias, como as do grupo das riquétsias e das clamídias, são parasitas intracelulares obrigatórios e, dessa forwma, só conseguem se autoduplicar com a colaboração de material obtido das células que estão parasitando e, por isso, suas células são ditas procariotas incompletas. Segundo alguns autores, as células incompletas são células "degeneradas", isto é, no decorrer do tempo, perderam parte do seu DNA de suas enzimas e, portanto, sua autonomia, tornando-se dependentes das células que se conservaram completas.

2) As **células eucariotas (eucarióticas, eucélulas)** são mais complexas. Além do núcleo individualizado, isto é, separado do citoplasma pela membrana nuclear, apresentam um maior número de estruturas em seu interior. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de eucariontes (do grego *eu*, verdadeiro, e *karion*, núcleo).

No quadro a seguir, em que (+) significa presença e (–) ausência, temos, de modo geral, uma síntese das principais estruturas celulares e os tipos de células nas quais podem ser encontradas.

Componente celular	Célula procariota	Célula eucariota animal	Célula eucariota vegetal
Membrana plasmática	+	+	+
Parede celular	+ (maioria) – (poucas)	–	+
Hialoplasma	+	+	+
Ribossomos	+	+	+
Retículo endoplasmático	–	+	+
Sistema golgiense (complexo de Golgi)	–	+	+
Mitocôndrias	–	+	+
Plastos	–	–	+
Lisossomos*	–	+	*
Vacúolo(s)	–	+ (pequeno)	+ (grandes e pouco numerosos)
Centríolos	–	+	+ (vegetais inferiores) – (vegetais superiores)
Carioteca	–	+	+
Cromossomo(s)	+	+	+
Nucléolo(s)	–	+	+

* A presença de lisossomos em células vegetais é bastante discutida. As células das plantas parecem não conter lisossomos.

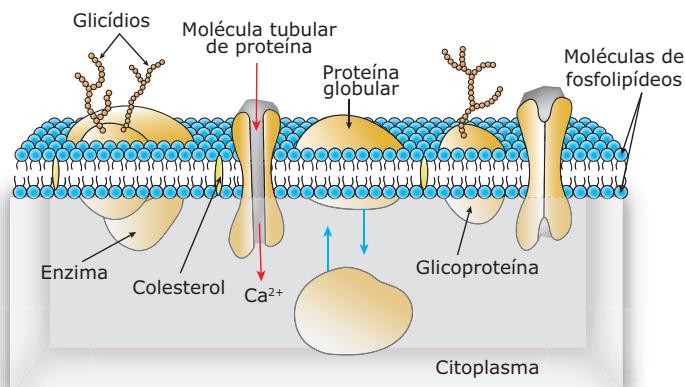
Células procariotas vistas ao M/E

Célula de bactéria

Célula de cianobactéria

Célula eucariota animal vista ao M/E

Célula eucariota vegetal vista ao M/E

REVESTIMENTOS EXTERNOS DA CÉLULA

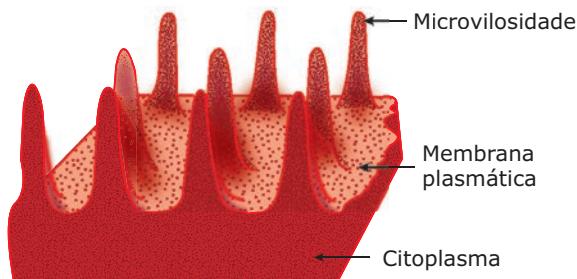
Membrana plasmática

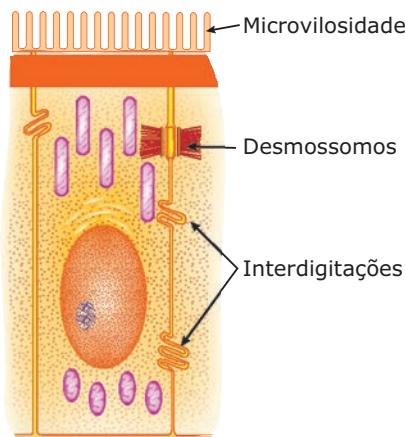
Também conhecida por membrana citoplasmática, membrana celular ou ainda plasmalema, é uma película muito fina (cerca de 75 a 100 Å de espessura) que envolve e protege as células, visível apenas ao microscópio eletrônico (M/E). Está presente em qualquer tipo de célula, seja ela procariota ou eucariota.

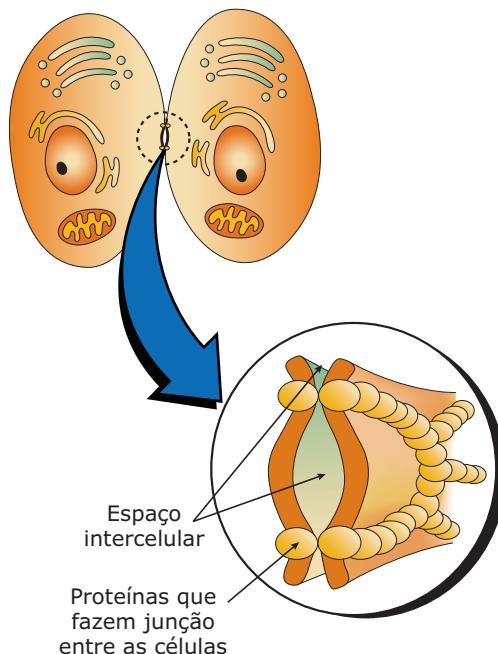
Basicamente, é formada por fosfolipídios e por proteínas (por isso se diz que possui uma composição química lipoproteica). Segundo o modelo de Singer e Nicholson, também conhecido por modelo do mosaico fluido, proposto em 1972, a membrana plasmática possui uma matriz lipídica constituída de duas camadas de fosfolipídios, em que se inserem moléculas de proteínas globulares.

***Modelo do mosaico fluido** – Os fosfolipídios conferem fluidez à membrana. As proteínas são responsáveis pela maioria das funções da membrana plasmática: algumas são enzimas e catalisam certas reações que ocorrem na membrana; outras funcionam como "receptores" de membrana, possuindo um papel importante no "reconhecimento" de substâncias produzidas pelo organismo ou vindas do meio externo: é assim, por exemplo, que os antígenos (proteínas estranhas ao organismo) são "reconhecidos" pelos linfócitos (células relacionadas com a produção de anticorpos). Existem ainda proteínas que funcionam como transportadoras ou carregadoras, exercendo um papel fundamental na entrada e na saída de substâncias da célula.*

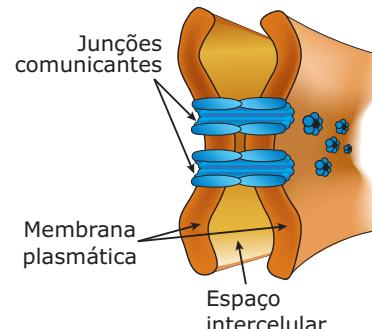
Na maioria das células animais, a membrana plasmática possui também alguns glicídios ligados a certas proteínas ou mesmo aos lipídios, formando moléculas de glicoproteínas ou de glicolipídios. Essas glicoproteínas e glicolipídios se entrelaçam, formando uma malha de aspecto gelatinoso que envolve a célula como uma vestimenta, denominada glicocálix (do grego *glikys*, doce, açúcar, e do latim *calyx*, casca, envoltório). Além de conferir maior proteção à célula animal contra agressões físicas e químicas do ambiente externo, acredita-se que o glicocálix atue na retenção de nutrientes que tocam a superfície celular, possibilitando que sejam posteriormente introduzidos no meio intracelular através de mecanismos especiais, como a pinocitose, que serão vistos adiante. O glicocálix também é responsável pelo reconhecimento de células de uma mesma variedade ou de um mesmo tecido ou órgão.

Vários experimentos comprovaram a participação do glicocálix nesse reconhecimento celular. Um deles pode ser assim resumido: células do fígado e células dos rins foram isoladas, individualizadas e colocadas numa mesma solução, que foi, então, agitada levemente para facilitar o contato entre as células. Com a agitação, as células se chocaram ao acaso. As células separadas foram capazes de se reagrupar, reconhecendo-se pelas substâncias em seus glicocálices. Assim, após certo tempo, observou-se o aparecimento de dois aglomerados celulares distintos: um deles só contendo células hepáticas, enquanto o outro tinha apenas células renais, ou seja, as células de um mesmo tipo aceitaram-se mutuamente, aderindo umas às outras e formando aglomerados celulares distintos. É também graças ao glicocálix que ocorre o fenômeno da inibição por contato, observado durante as divisões celulares (mitoses). Colocando-se dois grupos separados de células normais num mesmo meio de cultivo, cada grupo de células cresce separadamente, mas quando os glicocálices das células de um grupo se encontram com as células do outro grupo, as mitoses cessam. Se o mesmo procedimento for feito em dois grupos de células cancerosas, as divisões celulares não param. Depois de se encontrarem, as células cancerosas continuam se dividindo e amontoam-se desordenadamente umas sobre as outras. Isso mostra que as células cancerosas perdem a propriedade da inibição por contato.

Outro componente químico que também faz parte da estrutura da membrana plasmática das células animais é o colesterol, componente que diminui a fluidez da membrana. Não há colesterol nas membranas das células de plantas nem nas membranas de bactérias.

***Modelo do mosaico fluido** – As proteínas não têm um lugar fixo, uma vez que podem se deslocar de um lado para outro ao longo da matriz lipídica, ir à tona ou mergulhar no citoplasma. As proteínas da membrana podem ser divididas em dois grupos: integrais (intrínsecas) e periféricas (extrínsecas), conforme estejam ou não firmemente inseridas na matriz lipídica. Cerca de 70% das proteínas da membrana são integrais, sendo que algumas, inclusive, atravessam inteiramente a matriz lipídica e, por isso, são chamadas de proteínas transmembrana.*

Para que a célula possa desempenhar melhor determinadas funções, a membrana plasmática pode apresentar certas modificações ou especializações. Entre elas destacamos: microvilosidades, desmossomos, interdigitações, zônula de oclusão e junções comunicantes.

- **Microvilosidades (microvilos, borda em escova, orla em escova)** – São evaginações (projeções para fora) da superfície da membrana que lembram, em microscopia eletrônica, minúsculos dedos, vindo daí o seu nome.

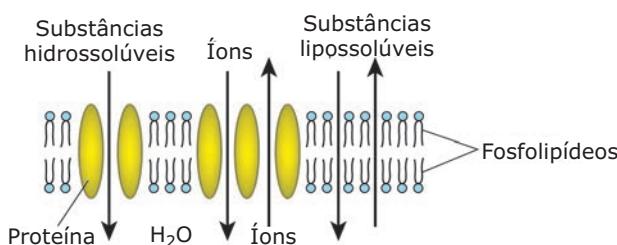
  As microvilosidades estão presentes em determinadas células eucariotas de animais e têm a finalidade de aumentar a superfície de absorção de substâncias.

***Microvilosidades** – No tecido epitelial que reveste internamente o nosso intestino delgado, as células possuem essas modificações que aumentam a superfície de contato da membrana plasmática das células com os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos. Isso garante, assim, uma absorção mais rápida e mais eficiente dos mesmos.*

- **Desmossomos (desmossomas, máculas de adesão)** – São modificações que aparecem nas membranas adjacentes de células vizinhas, notadamente no tecido epitelial. Sua finalidade é promover uma maior adesão (união) entre as células. Na região onde aparecem os desmossomos, o espaço entre as membranas das células vizinhas é preenchido por glicoproteínas com propriedades adesivas. Na face citoplasmática de cada membrana, há uma camada amorfa, densa, denominada placa do desmossomo, na qual se inserem filamentos intermediários (tonofilamentos) que se aprofundam no interior da célula, dando sustentação mecânica. Os desmossomos são as principais estruturas que mantêm as células epiteliais bem unidas.
- **Interdigitações** – São projeções laterais da membrana plasmática de uma célula que se encaixam em depressões da membrana da célula vizinha, formando dobras que proporcionam uma maior união das células. Essas modificações também aparecem entre células vizinhas do tecido epitelial.

Especializações da membrana plasmática

- **Zônula de oclusão** – É uma região contínua em torno da região apical de certas células epiteliais, em que os folhetos externos das membranas plasmáticas das duas células vizinhas se fundem, vedando o espaço intercelular.

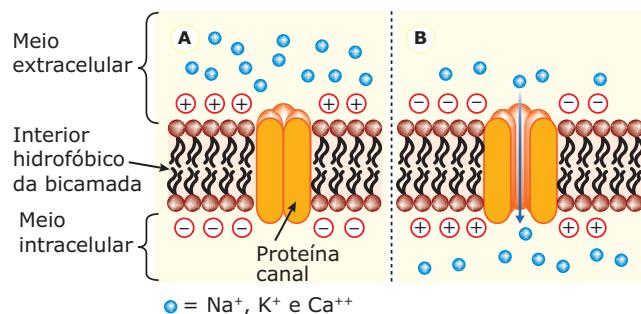
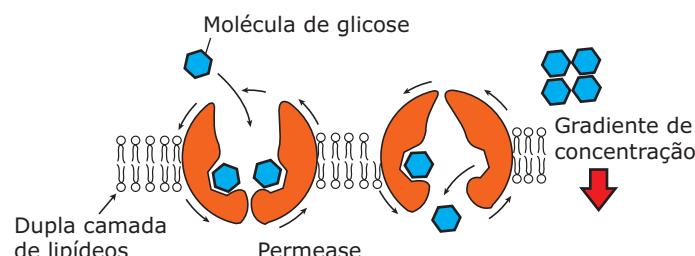
***Zônula de oclusão** – Além de contribuir para a adesão entre as células, a zônula de oclusão impede a passagem de substâncias pelo espaço intercelular. Desse modo, as substâncias que passam pela camada epitelial o fazem através das células, sendo submetidas ao controle celular. No intestino delgado, por exemplo, no qual, entre as células, existem zônulas de oclusão, os nutrientes que serão absorvidos da cavidade intestinal têm de passar por dentro das células, o que garante o controle dos alimentos que devem ser absorvidos pela membrana celular.*

- **Junção comunicante (nexo, *gap junction*)** – Observada em células epiteliais, musculares lisas, musculares cardíacas e nervosas, é uma estrutura formada por tubos proteicos paralelos que atravessam as membranas das duas células vizinhas, estabelecendo entre elas uma comunicação que permite a troca e a passagem de certas substâncias (nucleotídeos, aminoácidos, íons). Não permite, entretanto, a passagem de macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos).

A membrana plasmática não isola totalmente a célula do meio extracelular. Como é uma unidade viva, a célula precisa adquirir certas substâncias do meio externo para garantir sua sobrevivência, assim como precisa eliminar algumas substâncias que estejam em excesso ou que sejam tóxicas ao meio intracelular.

A passagem de substâncias através da membrana plasmática pode ser realizada por diferentes mecanismos de transporte.

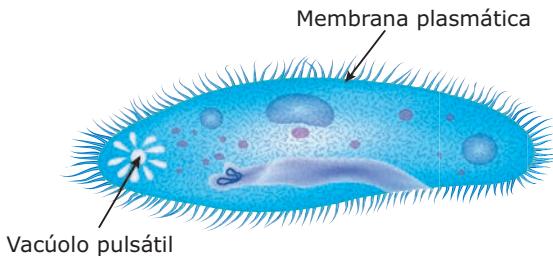
Transporte passivo

A passagem de substâncias através da membrana se faz sem consumo ou gasto de energia (ATP) por parte da célula. Nesse caso, as pequenas moléculas e íons passam livremente por meio da matriz fosfolipídica ou dos poros e canais existentes na membrana, obedecendo às leis naturais da difusão.

A difusão é o fluxo de partículas (moléculas, íons) de uma região em que estejam em maior concentração para outra região em que a quantidade dessas partículas seja menor. Esse fluxo ou passagem de partículas é feito até que se estabeleça uma situação de equilíbrio entre as duas regiões, isto é, até que haja uma mesma concentração nas duas regiões.

Em se tratando de células, a difusão de substâncias pode ser feita do meio intracelular para o extracelular ou vice-versa. Assim, quando no meio intracelular há uma concentração maior de determinadas partículas em relação ao extracelular, as partículas tendem a sair da célula; se, ao contrário, houver uma menor concentração no meio intracelular em relação ao extracelular, as partículas tenderão a penetrar na célula. Água, O_2, CO_2, monossacarídeos, aminoácidos e substâncias lipossolúveis são exemplos de substâncias que entram ou saem da célula por difusão.

Difusão através da membrana plasmática *– De modo geral, quanto maior a solubilidade da substância em lipídios, maior será a velocidade de difusão das suas moléculas através da membrana. Oxigênio, gás carbônico, álcool e outras são tão solúveis em água como em lipídios. Dessa forma, as moléculas dessas substâncias difundem-se mais rapidamente, ou seja, passam mais rapidamente por meio da membrana plasmática. Enquanto essas substâncias lipossolúveis atravessam a matriz fosfolipídica, a água e substâncias hidrossolúveis atravessam a membrana por difusão através de canais formados por moléculas de proteínas.*

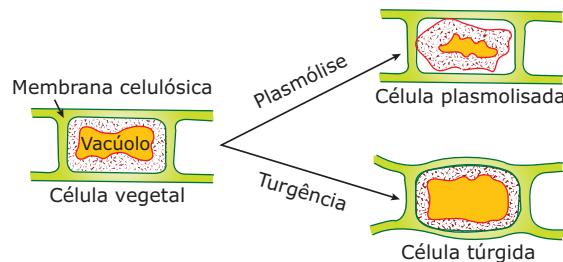
Conforme seja feita com a ajuda ou não de proteínas da própria membrana, a difusão pode ser simples ou facilitada.

- **Difusão simples** – Nesse caso, as partículas atravessam a membrana sem a ajuda de proteínas "carregadoras" ou "transportadoras", denominadas permeases, existentes na própria membrana. É o que acontece, por exemplo, com o O_2 entrando na célula e com CO_2 saindo da célula.
- **Difusão facilitada** – A passagem de substâncias através da membrana é feita com a ajuda de proteínas da própria membrana, denominadas genericamente de permeases. Algumas permeases formam canais proteicos que comunicam o meio intracelular com o meio extracelular, enquanto outras se ligam às moléculas do soluto, carreando-as (carregando-as) rapidamente para o meio intra ou extracelular.

Difusão facilitada através de canais iônicos *– Alguns íons, como Na^+, K^+ e Ca^{++}, podem atravessar a membrana através de canais de proteínas =denominados canais iônicos. Esses canais funcionam como "portões" que podem estar fechados ou abertos à passagem de íons. Diferentes estímulos, como mudança de carga elétrica das membranas, podem alterar a forma das proteínas do "canal portão" e, assim, determinar a abertura ou o fechamento deste. Uma vez aberto, em poucos segundos os íons podem atravessá-lo. A rapidez com que isso acontece e a direção do fluxo (para dentro ou para fora da célula) dependem do gradiente de concentração desses íons entre os meios intra e extracelular. Os sinais (+) e (–) representam a polaridade elétrica através da membrana.*

Difusão facilitada com proteína carreadora *– Uma molécula de soluto, glicose por exemplo, que esteja em maior concentração no meio extracelular, liga-se a um sítio ativo de uma permease específica, alterando a conformação dessa proteína, permitindo assim que o soluto seja lançado rapidamente para dentro da célula. Liberando a glicose no meio intracelular, a proteína carreadora volta à sua estrutura original e fica pronta para se ligar à outra molécula de glicose. Essa modalidade de transporte também é conhecida por modelo em "pingue-pongue", por causa dos diferentes estados de conformação da proteína carreadora. No estado "pongue", os sítios ligantes estão voltados para o meio extracelular e no estado "pingue", voltam-se para o meio intracelular.*

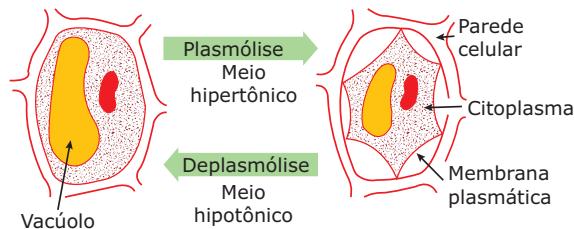
Um caso particular de difusão é a osmose, que é a difusão apenas do solvente. Na osmose, a passagem apenas do solvente se faz da solução hipotônica (menos concentrada ou mais diluída) para a solução hipertônica (mais concentrada ou menos diluída), até que as duas soluções atinjam uma situação de equilíbrio, isto é, uma situação de isotonia (igualdade de concentração). Para que ocorra a osmose, é necessário que as duas soluções de concentrações diferentes estejam separadas por uma membrana semipermeável, isto é, por uma membrana que se deixa atravessar apenas pelo solvente.

No caso das células, o solvente é a água e boa parte dela atravessa a membrana plasmática através de canais proteicos denominados de aquaporinas. Entretanto, é preciso salientar que a membrana plasmática não é uma membrana semipermeável perfeita, já que ela permite a passagem do solvente (água), mas permite também a passagem de certos tipos de soluto. O que acontece na realidade é que a velocidade com que as moléculas de água atravessam a membrana é muito maior do que a de qualquer soluto. Isso faz com que, em determinadas situações, a passagem do soluto seja desprezível. Nesse caso, podemos dizer que está ocorrendo osmose através da membrana plasmática. Temos de considerar, também, que nos meios intra e extracelular existem diversos tipos de soluto e que muitos deles, como acontece com a maioria das proteínas, por terem moléculas muito grandes, não conseguem passar livremente por meio da membrana. Assim, dependendo da concentração das soluções nos meios intra e extracelular, a célula pode sofrer osmose, perdendo ou ganhando água rapidamente.

Quando o meio extracelular é hipotônico em relação ao intracelular, haverá uma endosmose, isto é, entrada de água na célula por osmose. Por outro lado, quando o meio extracelular for hipertônico em relação ao intracelular, ocorrerá uma exosmose (saída de água da célula por osmose).

A entrada excessiva de água numa célula poderá ocasionar a plasmoptise, isto é, a ruptura da membrana plasmática, devido à elevada pressão exercida pela água sobre a face interna da membrana, com a consequente morte da célula. Em outras palavras, a célula "estoura" devido ao excesso de água no seu interior. Algumas células, entretanto, conseguem evitar que isso ocorra. É o caso, por exemplo, das células dos protozoários dulcícolas (que vivem na água doce). Nas células desses protozoários, ocorre a formação de uma estrutura, denominada vacúolo contrátil ou pulsátil, que funciona bombeando água para fora da célula, impedindo assim que a quantidade de água se torne muito elevada no meio intracelular.

Paramecium*, um protozoário dulcícola*

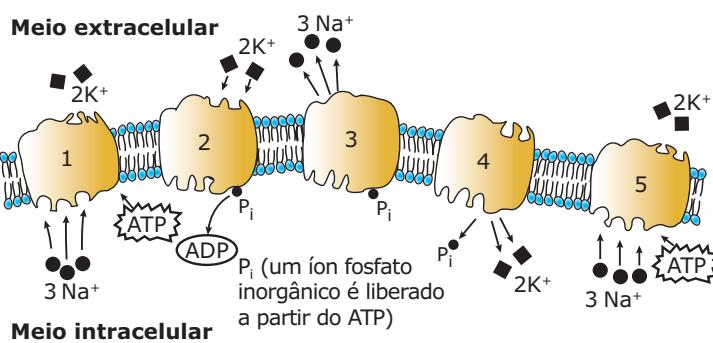
Nas células das plantas, das bactérias e dos fungos, a existência da parede celular rígida sobre a membrana plasmática também evita o rompimento da célula em consequência da entrada excessiva de água. Nessas células, após se atingir um volume máximo de distensão devido à entrada de água, a parede celular existente sobre a membrana plasmática passa a exercer uma força contrária à entrada de mais água no meio intracelular.

Nas células vegetais, a entrada de água por osmose (endosmose) recebe o nome especial de turgência ou turgescência, enquanto a saída de água por osmose (exosmose) é denominada plasmólise.

Osmose em célula vegetal

- **Turgência** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipotônica, a água penetrará na célula vegetal por osmose e, consequentemente, o volume celular aumentará até que a pressão exercida pela parede celular passe a impedir a entrada de mais água. Nessa situação, em que a célula vegetal está com o seu volume máximo, diz-se que ela encontra-se túrgida.

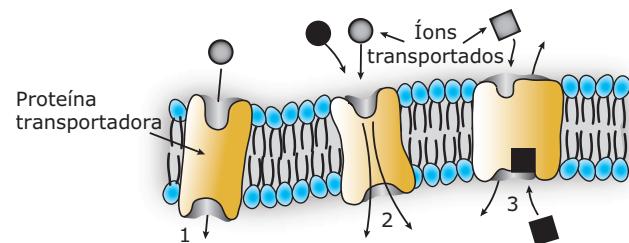
  A estrutura da parede celular define o quanto ela pode ser esticada. Quanto menos elástica for a parede, menor será o volume de água que a célula poderá receber durante a turgência. A parede celular, à medida que se distende, exerce pressão contrária à entrada de água por osmose. Essa pressão é denominada pressão de turgência (PT) ou pressão da membrana celulósica (M).

- **Plasmólise** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipertônica, a célula vegetal perde água por osmose e, consequentemente, diminui o seu volume citoplasmático. O citoplasma se retrai, o vacúolo de suco celular murcha e a membrana plasmática descola-se em determinados pontos da parede celular, sofrendo uma retração junto com o citoplasma. Essa retração não é acompanhada pela parede celular (membrana de celulose). Uma célula vegetal nessas condições é dita plasmolisada.

  Quando uma célula vegetal plasmolisada recebe água do meio extracelular e volta a ter o mesmo volume citoplasmático que possuía antes de sofrer a plasmólise, fala-se que ocorreu uma deplasmólise.

Transporte ativo

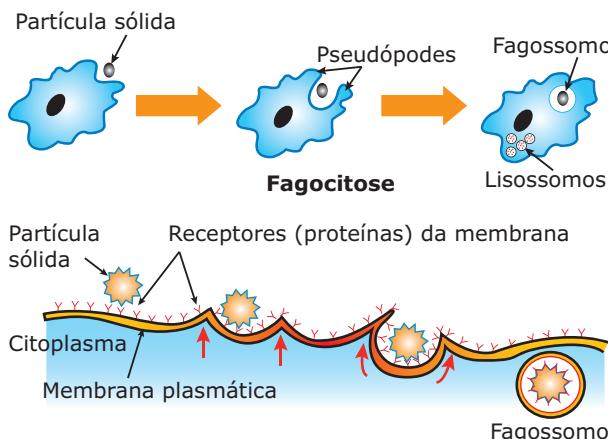
Muitas substâncias entram ou saem da célula, atravessando a membrana plasmática por um mecanismo de transporte ativo que, ao contrário do transporte passivo (difusão), requer gasto de energia (ATP).

Esse processo é realizado contra um gradiente de concentração, isto é, de maneira contrária às leis naturais da difusão. Já vimos que na difusão o fluxo de substâncias se faz da região de maior concentração para a região de menor concentração. No transporte ativo, ocorre o inverso: as substâncias passam da região em que estão em menor concentração para outra região em que já estejam em maior concentração.

O transporte ativo também é realizado com a participação de proteínas "transportadoras" (carreadoras) da membrana plasmática. Um bom exemplo desse tipo de transporte é a bomba de sódio e potássio.

Os íons Na^+ e K^+ são capazes de atravessar normalmente a membrana plasmática por difusão. Assim, se não houvesse um processo ativo capaz de contrariar a difusão desses íons, o Na^+ e o K^+ tenderiam a igualar suas concentrações dentro e fora da célula. Através do mecanismo da bomba de sódio e potássio, a célula consegue manter concentrações diferentes de sódio e potássio entre os meios intra e extracelular: o Na^+ é mantido em maior concentração no meio extracelular do que no intracelular, ocorrendo o contrário com o K^+. Esse mecanismo envolve a participação de proteínas "transportadoras" específicas e estabelece ligações com esses íons, conduzindo-os para dentro ou para fora da célula. Para que esse processo aconteça, é necessário energia fornecida pelo ATP.

Bomba de sódio e potássio *–* ***1****. $3Na^+$ e 1 ATP se ligam à proteína "transportadora" na face interna da membrana;* ***2****. O ATP é degradado, liberando o ADP e causando uma mudança na estrutura da proteína "transportadora";* ***3****. Os $3Na^+$ são liberados no meio extracelular ao mesmo tempo em que $2K^+$ se unem à proteína transportadora na face externa da membrana;* ***4****. O P_i é liberado causando uma mudança na estrutura da proteína "transportadora" e os $2K^+$ são liberados;* ***5****. O processo se repete.*

O transporte mediado por proteínas carreadoras ou transportadoras pode ser ativo ou passivo e pode ser classificado em uniporte, simporte ou antiporte.

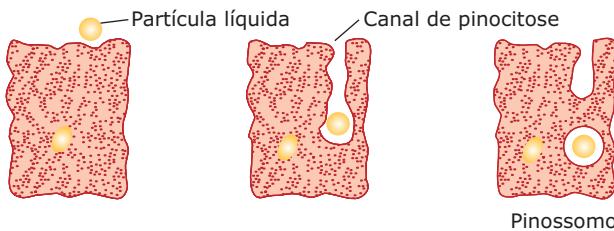
- **Uniporte** – Refere-se ao transporte ativo ou passivo de um único tipo de molécula ou íon, num único sentido, através de um carreador ou canal. Ex.: a proteína da membrana que transporta ativamente íons Ca^{2+}.
- **Simporte** – Refere-se ao transporte ativo de dois tipos distintos de substâncias, ao mesmo tempo, num mesmo sentido, utilizando o mesmo carreador. Ex.: na membrana plasmática das células intestinais existem proteínas que se ligam e transportam simultaneamente sódio e aminoácidos.
- **Antiporte** – É também um transporte ativo em que duas substâncias diferentes são transportadas em sentidos contrários pelo mesmo carreador. Ex.: proteína que atua na bomba de sódio (Na^+) e potássio (K^+), que move o Na^+ para fora da célula e o K^+ para dentro.

Transporte ativo *– 1. Uniporte; 2. Simporte; 3. Antiporte*

Conforme acabamos de ver, por meio dos mecanismos de transporte passivo e ativo, as substâncias podem penetrar ou sair da célula, atravessando a membrana plasmática. Entretanto, existem situações em que o material, para entrar ou sair da célula, precisa ser englobado pela membrana. Nesses casos de captura e de englobamento de partículas pela membrana, fala-se genericamente em endocitose e exocitose, conforme o material esteja entrando ou saindo da célula, respectivamente. Esse tipo de transporte também é conhecido por transporte em bloco.

Transporte em bloco

Na endocitose, há englobamento de partículas ou macromoléculas presentes no meio extracelular e que normalmente não conseguem entrar na célula por transporte passivo nem por transporte ativo. Nela compreendem duas modalidades: fagocitose e pinocitose.

- **Fagocitose** – Consiste no englobamento de partículas de natureza sólida, através da formação de projeções da membrana plasmática que envolvem o material que se encontra no meio extracelular. Essas projeções são denominadas pseudópodes (pseudópodos). Ao final do processo, a partícula sólida estará no meio intracelular, contida numa pequena bolsa ou vacúolo chamado fagossomo ("corpo comido"). Esse fagossomo, posteriormente, será digerido no interior da célula por meio da ação de enzimas digestivas presentes numa organela citoplasmática, denominada lisossomo.

Fagocitose *– As células que fazem fagocitose possuem certos tipos de proteínas "receptoras" na superfície da membrana plasmática. Quando uma partícula de natureza sólida é reconhecida por esses "receptores", ela se liga a estes. Essa ligação induz uma reação imediata da membrana que, então, forma evaginações (projeções para fora) ao redor da partícula que se fecham sobre ela. A partícula capturada fica, então, encerrada numa bolsa ou vesícula, que se desprende da membrana e passa para o meio intracelular. Essa bolsa é o fagossomo.*

A fagocitose é realizada pelas células com duas finalidades: obtenção de alimento e defesa contra corpos estranhos. Em alguns organismos unicelulares, como as amebas, o objetivo da fagocitose é a captura de alimentos que estão no meio extracelular; em seres pluricelulares, como a espécie humana, existem linhagens de células, como os macrófagos e os leucócitos (glóbulos brancos), especializadas em realizar fagocitose com o objetivo de capturar e de destruir corpos estranhos que invadem o organismo.

- **Pinocitose** – Englobamento de pequenas gotas de líquido através de invaginações da membrana plasmática. É um processo mais delicado do que a fagocitose, sendo difícil sua observação ao microscópio óptico (M/O).

  É provável que a maioria das células animais seja capaz de realizar a pinocitose. Algumas células, inclusive, dispõem de um reforço glicoproteico, o glicocálix, que muito contribui para a realização da pinocitose. Sabe-se que ao glicocálix se aderem mais firmemente as partículas que tocam a superfície da membrana, facilitando a sua imediata absorção pelo canal de pinocitose. Ao contrário do que se poderia pensar, a pinocitose não introduz indiscriminadamente na célula todos os líquidos do meio extracelular. Já se demonstrou que certas substâncias aderem seletivamente aos glicídios do glicocálix e, em seguida, são introduzidas na célula.

  Rotineiramente, a membrana permite a passagem apenas de pequenas moléculas e íons. As macromoléculas de proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos e outras precisam ser hidrolisadas, isto é, fragmentadas em unidades menores, para, então, poderem atravessar a membrana e passar ao meio intracelular.

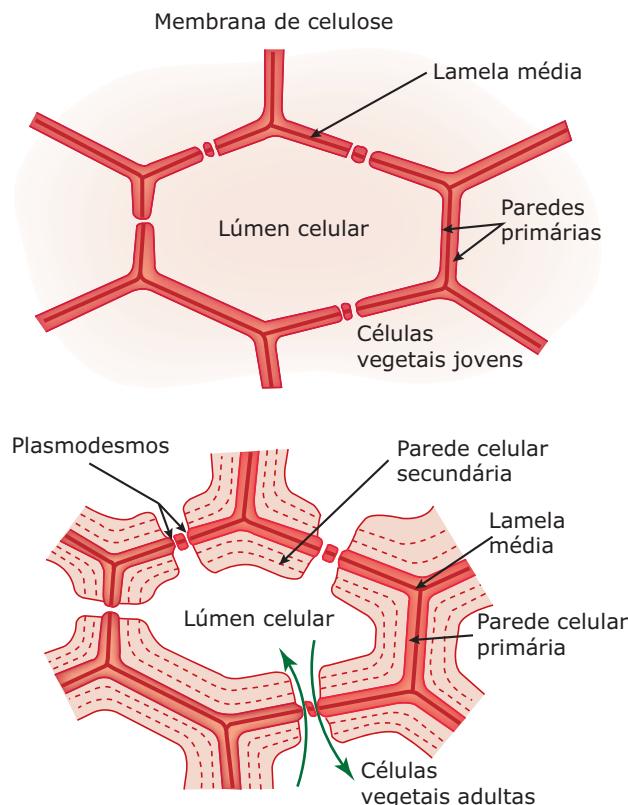
  Através da pinocitose, é possível compreender como certas substâncias constituídas de macromoléculas (hormônios proteicos, por exemplo), que normalmente não podem atravessar a membrana, entram na célula sem precisar sofrer hidrólise.

Pinocitose *– No tipo mais comum de pinocitose, a membrana plasmática, na região de contato com as gotículas, se invagina, aprofundando-se no interior do citoplasma e formando um pequeno canal, denominado canal de pinocitose, pelo qual o líquido penetra. Em seguida, as bordas do canal se fecham, dando origem a uma pequena bolsa ou vacúolo: é a vesícula de pinocitose ou pinossomo ("corpo bebido"). Essas vesículas são puxadas pelo citoesqueleto e penetram no citoplasma, onde o material englobado é repassado para o lisossomo. A membrana da vesícula vazia e os receptores são devolvidos à superfície celular, ou seja, são reciclados para serem novamente usados.*

- **Exocitose** – É um processo inverso ao da endocitose e tem por objetivo a eliminação de substâncias da célula. Forma-se no meio intracelular uma vesícula ou vacúolo, contendo o material a ser eliminado. Essa vesícula funde-se à membrana plasmática num determinado ponto, eliminando o seu conteúdo no meio extracelular.

Parede celular

Também chamada de membrana esquelética, a parede celular é o revestimento mais externo de muitas células procariotas e eucariotas, sendo encontrada sobre a membrana plasmática de células de bactérias, algas, fungos, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

Trata-se de uma estrutura espessa, permeável, dotada de grande resistência, visível ao M/O, que determina a forma da célula e desempenha um papel mecânico, servindo de reforço e proteção à célula.

Sua composição química é diversificada, variando nos diferentes grupos de seres vivos nos quais é encontrada.

Nas clorofíceas (clorófitas, "algas verdes"), nas briófitas, nas pteridófitas, nas gimnospermas e nas angiospermas, a parede celular é constituída basicamente de celulose. Por isso, nesses grupos de plantas, a parede celular também pode ser chamada de membrana de celulose ou membrana celulósica.

Tomando como referencial o grupo das angiospermas, vamos ver mais alguns detalhes sobre a membrana de celulose (parede celular constituída basicamente de celulose).

Nas células vegetais jovens, a membrana celulósica é relativamente delgada, flexível, elástica, de modo a permitir o crescimento celular, sendo chamada de membrana celulósica primária ou parede primária. Quando a célula vegetal se torna adulta, ela adquire, logo abaixo da parede primária, uma segunda camada protetora de celulose denominada membrana celulósica secundária ou parede secundária, que é mais espessa e mais rígida do que a parede primária.

A grande resistência que a membrana de celulose tem numa célula vegetal adulta se deve à parede secundária. Como a formação da parede secundária se faz internamente à parede primária, sua formação reduz o lúmen celular, isto é, o espaço interno da célula diminui.

***Membrana de celulose** – Observe que entre células vegetais vizinhas aparece a lamela média, estrutura constituída de pectatos de cálcio e magnésio (substâncias pécticas), que têm a finalidade de promover a união entre as células. A lamela média, encontrada entre as paredes primárias de células vizinhas, une, como um "cimento", células vegetais adjacentes.*

Também entre células vegetais vizinhas, aparecem os plasmodesmos, regiões de descontinuidade dos revestimentos externos e que estabelecem comunicações entre as células. Os plasmodesmos são verdadeiras "pontes citoplasmáticas", pelas quais ocorre intercâmbio de substâncias entre as células.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (VUNESP) Os procariontes diferenciam-se dos eucariontes porque os primeiros, entre outras características,

A) não possuem material genético.

B) possuem material genético como os eucariontes, mas não possuem núcleo diferenciado.

C) possuem núcleo, mas o material genético encontra-se disperso no citoplasma.

D) possuem material genético disperso no núcleo, mas não estruturas organizadas, denominadas cromossomos.

E) possuem núcleo e material genético organizado nos cromossomos.

02. (Unifor-CE) Todos os seres vivos apresentam em suas células

A) membrana plasmática.

B) lisossomos.

C) centríolos.

D) plastos.

E) carioteca.

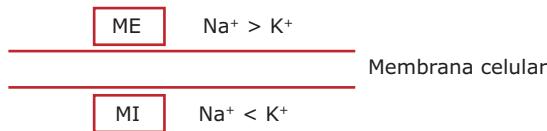
03. (UFU-MG–2006) A membrana plasmática, além de exercer importante papel na seleção e no transporte de substâncias para dentro e para fora da célula, tem em sua constituição moléculas que trabalham na identificação de outras células iguais ou estranhas.

Analise as afirmativas a seguir sobre a estrutura e a função da membrana plasmática e marque a alternativa **CORRETA**.

A) A bomba de sódio e potássio é um exemplo de transporte passivo, em que a despolarização e a repolarização acontecem sem gasto de energia.

B) Os glicídios, que aparecem apenas na face externa da membrana, participam na identificação de células do mesmo tecido ou de células estranhas.

C) No modelo de membrana de Singer e Nicholson, as proteínas estão fixas entre uma camada dupla de lipídios, não se movendo em lateralidade, o que confere à estrutura da membrana um caráter estático.

D) Difusão e osmose são sinônimos e exemplos de transporte passivo.

04. (Cesgranrio) Hemácias separadas de uma mesma amostra de sangue são distribuídas em três tubos de ensaio (1, 2 e 3), contendo cada uma a mesma quantidade de células. Aos tubos são adicionados iguais volumes das seguintes soluções aquosas:

- Tubo 1, uma solução isotônica (isto é, uma solução em equilíbrio osmótico com as hemácias);
- Tubo 2, uma solução hipertônica em relação à anterior;
- Tubo 3, uma solução hipotônica em relação à primeira.

O conteúdo de cada tubo foi logo agitado, a fim de misturar as hemácias com as soluções respectivas. Após alguns minutos, cada tubo foi submetido à centrifugação, de tal forma que todo o material celular em suspensão acumulou-se num depósito compacto no fundo do tubo, deixando acima uma solução homogênea. Supondo-se, para simplificar, que a membrana da hemácia é impermeável aos solutos utilizados, mas se deixa atravessar prontamente pela água, escolha qual das sentenças a seguir lhe parece a mais **CORRETA**.

A) O volume do depósito é idêntico nos três tubos; a solução acima do depósito tomou coloração avermelhada no tubo 3 (hemólise).

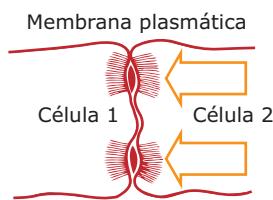
B) O volume do depósito é menor no tubo 2; a hemólise é observável nos três tubos, devido à grande permeabilidade da membrana celular, à água e à consequente entrada desta na hemácia.

C) O volume do depósito é menor no tubo 2; somente nesse tubo se observa a hemólise.

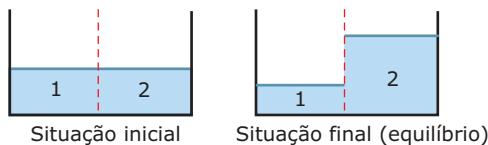
D) O volume do depósito é maior no tubo 1 do que no tubo 2; somente o tubo 3 mostra hemólise.

E) O volume do depósito é maior no tubo 2, único em que se observa hemólise.

05. (PUC-SP) O esquema a seguir refere-se às diferentes concentrações dos íons sódio e potássio no meio extracelular (ME) e no meio intracelular (MI). Essa situação é constatada em vários tipos celulares.

Se em uma célula nessa condição iônica for bloqueada a produção de ATP, espera-se que

A) ocorra passagem de toda a quantidade de íons potássio para o meio extracelular.
B) ocorra passagem de toda a quantidade de íons sódio para o meio intracelular.
C) as concentrações desses íons se tornem aproximadamente iguais nos dois meios.
D) diminua ainda mais a concentração de potássio no meio extracelular e de sódio no meio intracelular.
E) essa situação permaneça inalterada.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

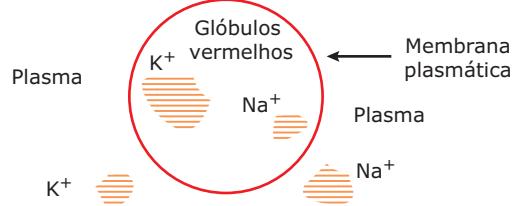
01. (UFPB) Os componentes celulares que estão presentes tanto em células de eucariontes como de procariontes são

A) membrana plasmática e mitocôndrias.
B) mitocôndrias e ribossomos.
C) lisossomos e membrana plasmática.
D) ribossomos e lisossomos.
E) membrana plasmática e ribossomos.

02. (PUC-SP) As estruturas apontadas pelas setas na figura a seguir representam uma formação

A) importante para a movimentação celular.
B) importante para aumentar a superfície celular, facilitando a absorção de substâncias do meio externo.
C) denominada vesícula pinocitótica.
D) importante para manter a aderência entre uma célula e outra.
E) que contém grande quantidade de enzimas.

03. (UFMG) Um recipiente foi dividido por uma membrana em duas câmaras iguais (1 e 2). Certo volume de uma solução foi colocado na câmara 1 e o mesmo volume de outra solução, na câmara 2. Ao atingir o equilíbrio final, a câmara 2 apresentou maior volume de solução que a câmara 1.

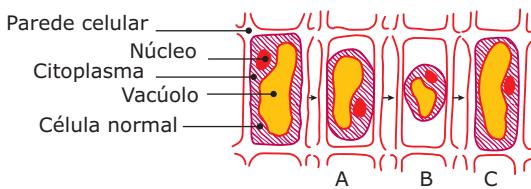
Situação inicial

Situação final (equilíbrio)

A) A membrana é permeável, e a concentração inicial em 2 é maior que em 1.
B) A membrana é semipermeável, e a concentração inicial em 2 é maior que em 1.
C) A membrana é permeável, e a concentração inicial em 1 é maior que em 2.
D) A membrana é semipermeável, e a concentração inicial em 1 é maior que em 2.
E) A membrana é semipermeável, e a concentração inicial é igual em 1 e 2.

04. (UFMS–2010) A membrana plasmática da célula desempenha diversas funções, apresentando importantes especializações além da capacidade seletiva. Em relação à membrana plasmática, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. Estruturas lipídicas, ligadas à membrana citoplasmática com função de redução da coesão entre as células, são denominadas desmossomos.
02. A passagem de soluto pela membrana plasmática contra um gradiente de concentração, com gasto de energia pela célula, é denominada transporte ativo.
04. Osmose é a passagem de soluto de um meio hipertônico para um meio hipotônico por uma membrana permeável.
08. As microvilosidades são especializações da membrana plasmática que aumentam a superfície de absorção celular, a exemplo das células de revestimento da mucosa intestinal.
16. Na difusão facilitada, ocorre a passagem de soluto sem gasto de energia pela membrana, do meio mais concentrado para o menos concentrado com auxílio de permeases presentes na membrana plasmática.
32. Hemácias humanas, mergulhadas em um meio hipotônico, apresentam redução de volume.

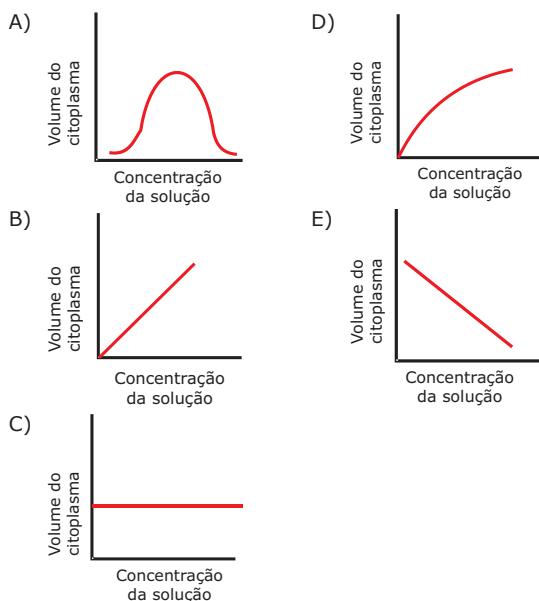
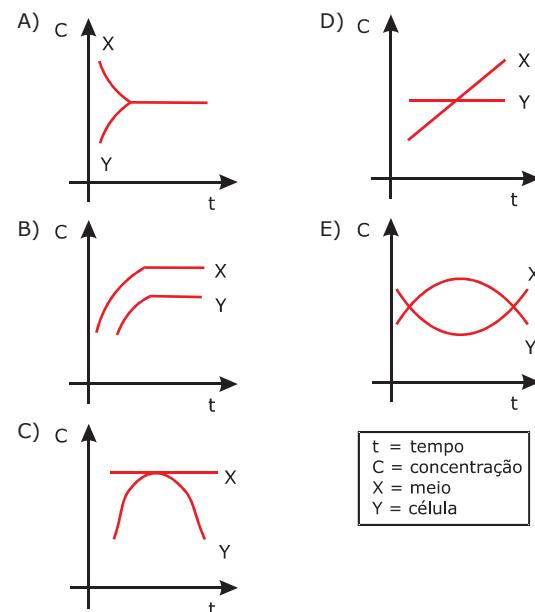
Soma (   )

05. (UFMG) O esquema a seguir representa a concentração de íons dentro e fora dos glóbulos vermelhos.

A entrada de K^+ e a saída de Na^+ dos glóbulos vermelhos pode ocorrer por

A) transporte ativo.
B) difusão.
C) transporte passivo.
D) plasmólise.
E) osmose.

06. (PUC Minas) Uma célula vegetal, plasmolisada em solução de concentração fraca, foi colocada em outra solução hipertônica em relação à célula. Em função disso, deverá ocorrer

A) perda de água pela célula.
B) ganho de água pela célula.
C) equilíbrio desde o início.
D) rompimento celular.
E) saída de soluto.

07. (EFOA-MG) O desenho a seguir representa uma célula vegetal normal colocada em 3 meios distintos, que denominamos A, B e C.

Durante a sua passagem por esses meios, naquela ordem, ocorrem 2 fenômenos conhecidos, respectivamente, como

A) turgescência e plasmólise.
B) plasmólise e osmose.
C) plasmólise e deplasmólise.
D) osmose e hemólise.
E) deplasmólise e turgescência.

08. (UFMG) Para se demonstrar o fenômeno da osmose e a consequente plasmólise das células de uma folha, foram tomadas cinco folhas de *Elodea* e sobre cada uma foi colocada uma solução salina de concentração diferente. Sobre a primeira folha, a solução foi de 0,5%, sobre a segunda, de 1,0%, sobre a terceira, de 2,0%, sobre a quarta, de 3,0% e sobre a quinta, de 5,0%. As modificações sofridas pelo citoplasma das células de cada folha foram observadas através do microscópio.

O gráfico que **MELHOR** expressa o resultado é

09. (PUC Minas) O gráfico que **MELHOR** representa o que acontece com célula hipotônica em meio hipertônico e com a concentração do meio é

10. (UFPE) A fluidez da membrana plasmática pode ser explicada pela presença de

A) água.
B) açúcares.
C) proteínas.
D) lipídios.
E) sódio e potássio.

11. (UNIRIO-RJ) As células animais apresentam um revestimento externo específico, que facilita sua aderência, assim como reações a partículas estranhas, como as células de um órgão transplantado. Esse revestimento é denominado

A) membrana celulósica.
B) glicocálix.
C) microvilosidades.
D) interdigitações.
E) desmossomos.

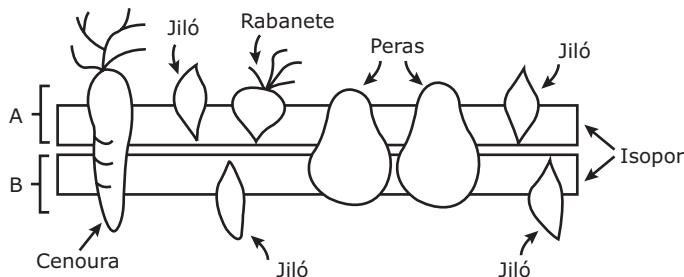
12. (UFV-MG) Uma célula vegetal, quando colocada em solução hipotônica, recebe água, já que a concentração osmótica do seu meio interno é maior do que a do meio externo. Por isso, seu volume pode aumentar, mas até certo limite, apesar de as concentrações externa e interna continuarem diferentes. Pergunta-se:

A) O que impede que a célula vegetal se rompa quando colocada em solução hipotônica?
B) O que permite à água penetrar na célula vegetal?

13. (UFRJ) Desde a Antiguidade, o salgamento foi usado como recurso para evitar a putrefação dos alimentos. Em algumas regiões, tal prática ainda é usada para a preservação da carne de boi, de porco ou de peixe.

EXPLIQUE o mecanismo por meio do qual o salgamento preserva os alimentos.

SEÇÃO ENEM

01. A tabela a seguir é um resumo dos vários mecanismos envolvidos na entrada e na saída de substâncias da célula:

	Processo		Condição	Exemplos
Através da membrana	Transporte passivo	Difusão simples e osmose	Existir uma diferença (um gradiente) de concentração; a célula não gasta energia	O_2; CO_2; substâncias solúveis em lipídios; água.
		Difusão facilitada	Existir uma diferença de concentração e uma proteína carregadora. A célula não gasta energia.	Açúcares simples e aminoácidos.
	Transporte ativo		Existir uma proteína carregadora e haver gasto de energia por parte da célula	Açúcares simples; aminoácidos; íons, como Na^+ e K^+.
Por envolvimento e captura pela membrana (endocitose e exocitose)	Endocitose	Pinocitose (partículas pequenas, geralmente líquidas)	Formação de vesícula e gasto de energia	Macromoléculas; gotículas de lipídios.
		Fagocitose (partículas pequenas, geralmente líquidas)	Formação de vacúolo e gasto de energia	Vírus; células estranhas, como bactérias; ou restos de estruturas celulares.

CÉSAR e SEZAR. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, v.1, 7ª Ed., 2002, p. 104.

Com base nos dados fornecidos pela tabela e em conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que

A) a entrada do O_2 e a saída do CO_2 de uma célula são feitas com a participação de proteínas carregadoras da membrana.

B) a bomba de sódio e potássio é o único mecanismo de transporte realizado com gasto de ATP.

C) o transporte de substâncias com a participação de proteína carregadora sempre é feito com gasto de ATP.

D) o transporte ativo é realizado com gasto de ATP.

E) as macromoléculas atravessam a membrana por difusão facilitada.

02. Durante uma aula de citologia, o professor, utilizando-se de placas de isopor, cenoura, rabanete, peras e jilós, construiu um modelo para explicar a composição química da membrana plasmática, conforme mostra a ilustração a seguir.

Comparando o modelo construído pelo professor com o modelo do mosaico fluido, proposto por Singer e Nicholson, as placas de isopor, as folhas do rabanete e as peras estão representando, respectivamente,

A) fosfolipídios, proteínas e carboidratos.

B) fosfolipídios, carboidratos e proteínas.

C) proteínas, carboidratos e fosfolipídios.

D) proteínas, fosfolipídios e carboidratos.

E) carboidratos, fosfolipídios e proteínas.

GABARITO

Fixação

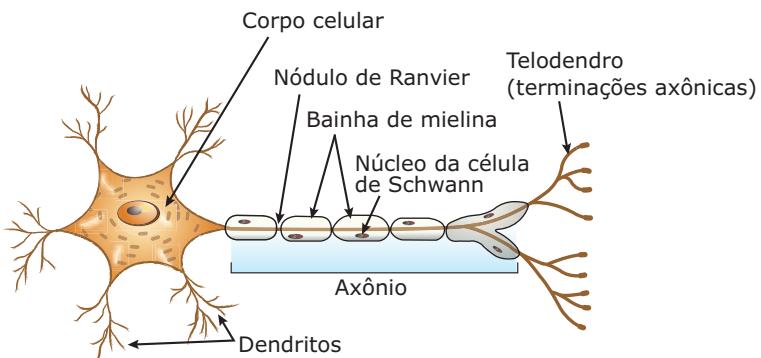
01. B 02. A 03. B 04. D 05. C

Propostos

01. E
02. D
03. B
04. Soma = 26
05. A
06. A
07. C
08. E
09. A
10. D
11. B
12. A) A parede celular (membrana de celulose).
    B) A diferença de concentração entre os meios intracelular e extracelular. A penetração da água é possível graças à permeabilidade da parede celular e da membrana plasmática a ela.
13. O salgamento provoca a desidratação dos alimentos, tornando-os um meio impróprio para a proliferação dos micro-organismos responsáveis pela putrefação. O salgamento também promove a desidratação dos próprios micro-organismos, levando-os à morte.

Seção Enem

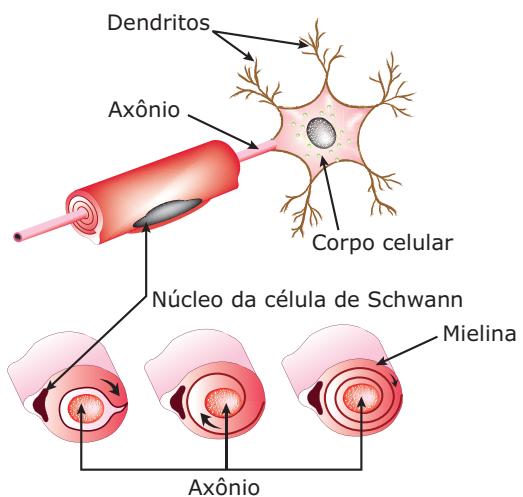
01. D 02. B

BIOLOGIA

MÓDULO 05 FRENTE B

Histologia animal: tecido nervoso

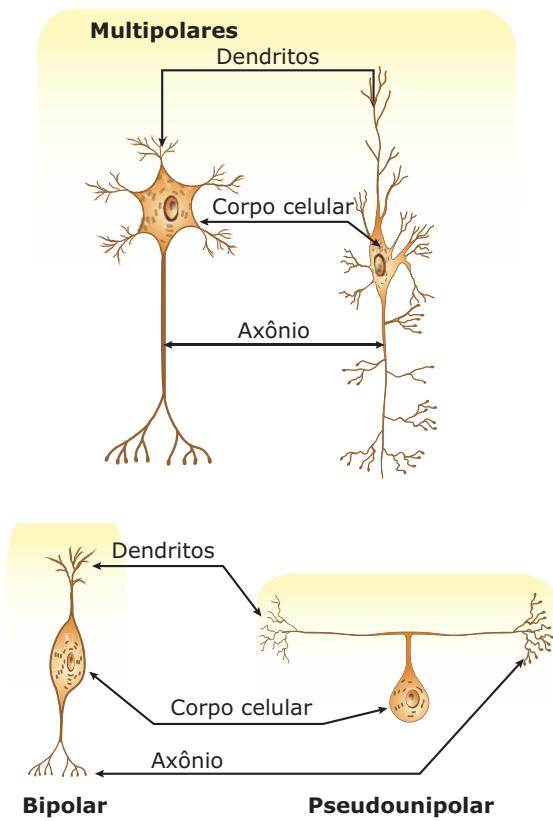
O tecido nervoso, especializado na condução dos impulsos nervosos, é formado por neurônios e células da glia ou neuróglia (astrócitos, oligodendrócitos, células da micróglia e células ependimárias).

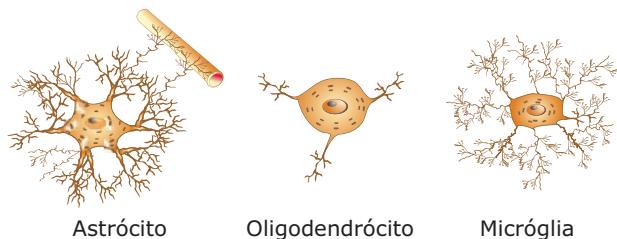
NEURÔNIOS (CÉLULAS NERVOSAS)

São as células do tecido nervoso especializadas na condução de impulsos nervosos. Possuem três partes: corpo celular, dendritos e axônio.

Neurônio

Corpo celular (pericário) – É a região de aspecto geralmente estrelado, onde se localizam o núcleo e os organoides comuns às células animais. As mitocôndrias são numerosas, e o ergastoplasma, que nessas células também é conhecido por corpúsculo de Nissl ou substância de Nissl, é bem desenvolvido. Em neurônios velhos, pode haver um pigmento marrom, a lipofuscina, que indica o desgaste da célula. Do corpo celular, partem prolongamentos que podem ser de dois tipos: dendritos e axônio.

A) **Dendritos** – São prolongamentos citoplasmáticos que apresentam numerosas ramificações especializadas na recepção de estímulos.

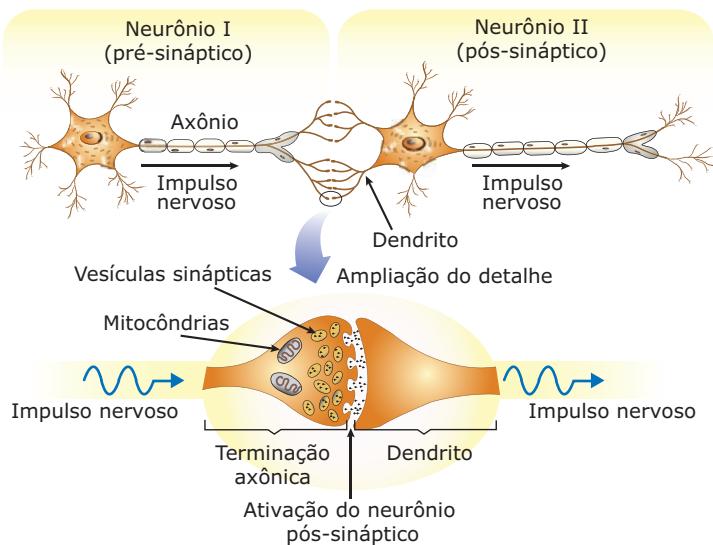
B) **Axônio** – É o maior prolongamento da célula nervosa, e seu comprimento pode variar de 1 mm até cerca de 1 metro. Apresenta diâmetro constante, ao contrário dos dendritos que se tornam mais finos à medida que se afastam do corpo celular. Cada neurônio tem apenas um axônio que, em sua parte final, se ramifica em prolongamentos mais finos. Essa porção final e ramificada do axônio é denominada telodendro. O citoplasma do axônio, também chamado de axoplasma, é pobre em organelas. O axônio é uma estrutura especializada na transmissão do impulso nervoso a outro neurônio ou a outros tipos celulares, como as células glandulares e as musculares. Pode estar ou não envolvido por um invólucro de natureza lipoproteica, denominado estrato mielínico (bainha de mielina). No SNC, a bainha de mielina é formada por dobras concêntricas da membrana plasmática de oligodendrócitos. No sistema nervoso periférico (SNP), a bainha de mielina origina-se das células de Schwann que, segundo alguns autores, são oligodendrócitos especiais. Conforme tenham ou não a bainha de mielina, os axônios podem ser mielínicos ou amielínicos.

Formação da bainha de mielina no SNP *– A bainha de mielina é formada pelo enrolamento da membrana plasmática das células de Schwann em torno do axônio, tal como um "rocambole". A membrana das células de Schwann é rica em mielina, substância de natureza lipoproteica que atua como um isolante elétrico e aumenta a velocidade de propagação do impulso nervoso ao longo do axônio.*

Axônios mielínicos, isto é, portadores da bainha de mielina conduzem mais rapidamente os impulsos nervosos. A bainha de mielina, porém, não é contínua. Entre uma célula de Schwann e outra, existe uma região de descontinuidade, o que acarreta uma constrição ou estrangulamento denominado nó neurofibroso (nódulo de Ranvier). O conjunto de células de Schwann que se dispõem em torno de um axônio constitui a chamada bainha de Schwann ou neurilema. Os núcleos dessas células são alongados e bem visíveis. O conjunto formado pelo axônio e seus envoltórios é denominado fibra nervosa ou neurofibra. Cada neurofibra é envolvida por uma camada de tecido conjuntivo, rica em fibras reticulares, denominada endoneuro.

De acordo com o número de suas ramificações, os neurônios podem ser de três tipos: multipolares, bipolares e pseudounipolares.

Tipos de neurônios *– Os multipolares são os mais comuns e possuem muitos dendritos e um axônio. Os bipolares possuem um dendrito e um axônio. São encontrados, por exemplo, na retina e na mucosa olfativa. Os pseudounipolares, também chamados de células em T, apresentam uma única ramificação saindo do corpo celular. Essa ramificação bifurca-se em um dendrito e um axônio. Ocorrem nos gânglios espinhais.*

CÉLULAS DA GLIA (GLIAIS) OU DA NEURÓGLIA (GLIÓCITO)

São células menores que os neurônios, mas muito mais numerosas. No SNC, por exemplo, calcula-se que haja 10 células da glia para cada neurônio, mas, em virtude do menor tamanho das células da neuróglia, elas ocupam aproximadamente a metade do volume do tecido. Embora não façam condução de impulsos nervosos, são células que auxiliam e dão suporte ao funcionamento do tecido nervoso. Ao contrário dos neurônios, as células da neuróglia são capazes de multiplicação mitótica, mesmo no indivíduo adulto. Na neuróglia distinguimos os seguintes tipos de células: astrócitos, oligodendrócitos, células da micróglia e células ependimárias. Essas células diferem entre si em forma e função, cada uma desempenhando um papel diferente no tecido nervoso.

Neuróglia

A) **Astrócitos** – São as maiores células da neuróglia e também apresentam um grande número de ramificações. Algumas de suas ramificações estão assentadas sobre as paredes de vasos sanguíneos. Contribuem para uma melhor difusão de nutrientes entre o sangue e os neurônios, fornecendo, assim, alimento à complexa e delicada rede de circuitos nervosos. Também participam dos processos de cicatrização do tecido nervoso, visto que, quando ocorre destruição de neurônios em algum ponto desse tecido, os astrócitos preenchem o espaço resultante.

B) **Oligodendrócitos** – São células com poucas ramificações. São responsáveis pela formação da bainha de mielina que envolve os axônios dos neurônios localizados no SNC (encéfalo e medula espinhal). No SNP, a formação da bainha de mielina deve-se a um tipo especial de oligodendrócito, denominado **célula de Schwann**.

C) **Células da micróglia** – São células macrofágicas especializadas em fagocitar detritos e restos celulares presentes no tecido nervoso. A micróglia origina-se de células do sangue da linhagem monócito-macrófago. Fazem parte do sistema mononuclear fagocitário (sistema retículo-endotelial).

D) **Células ependimárias** – Revestem as cavidades internas do encéfalo e da medula espinhal e estão em contato direto com o líquido cefalorraquidiano encontrado nessas cavidades.

SINAPSES NERVOSAS

Os neurônios podem estabelecer conexões com outras células. Essas conexões são chamadas de sinapses e podem ser de diferentes tipos: interneurais, neuromusculares e neuroglandulares.

Sinapse interneural (neuroneurônica)

É feita entre neurônios e, normalmente, ocorre entre o axônio de um neurônio e os dendritos de outro neurônio. As ramificações finais do axônio (telodendro) de um neurônio fazem conexão com dendritos de um outro neurônio. Por isso, essas sinapses também são chamadas de sinapses axônico-dendríticas ou axodendríticas.

Sinapse *– Na sinapse axodendrítica, não há contato direto entre as terminações do axônio e os dendritos, mas apenas uma contiguidade (ficam lado a lado). Portanto, há entre essas ramificações um pequeno espaço, denominado fenda sináptica (espaço sináptico). Nas ramificações finais do axônio, existem pequenas vesículas (vesículas sinápticas) originadas do retículo endoplasmático, contendo em seu interior substâncias conhecidas por mediadores químicos ou neurotransmissores. Quando o impulso nervoso chega às extremidades finais do axônio, promove a entrada de íons* Ca^{++}*, que estimulam a fusão das vesículas sinápticas com a membrana do axônio (membrana pré-sináptica), liberando rapidamente, no espaço sináptico, o neurotransmissor. O neurotransmissor liberado combina-se com receptores moleculares existentes na membrana plasmática dos dendritos do outro neurônio (membrana pós-sináptica), estimulando-o e gerando, assim, um novo impulso nervoso. O mediador químico, portanto, tem um papel fundamental na transmissão do impulso nervoso de uma célula para outra.*

Os cientistas já identificaram diversas substâncias que atuam como mediadores químicos e, provavelmente, outras serão descobertas. Entre as já identificadas, destacam-se o glutamato (principal neurotransmissor excitatório do SNC), o GABA (ácido gama-aminobutírico, principal neurotransmissor inibitório do SNC), a acetilcolina, a adrenalina (epinefrina), a noradrenalina (norepinefrina), a dopamina e a serotonina. Na membrana dos dendritos (membrana pós-sináptica), existem enzimas que promovem a imediata degradação do neurotransmissor, eliminando, assim, a passagem contínua do impulso. Dessa maneira, a transmissão do impulso nervoso é rápida e prontamente interrompida. Isso se passa numa pequena fração de segundo. Para que haja nova transmissão, há necessidade de novo estímulo.

No caso do neurotransmissor ser a acetilcolina, a enzima que promove sua degradação é a colinesterase.

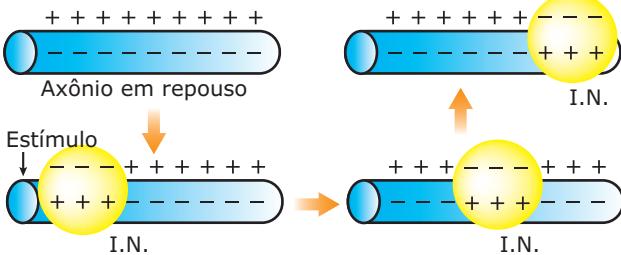
Muitas substâncias podem agir no organismo, inibindo a colinesterase, como é o caso de inseticidas e alguns gases de uso militar. Nesse caso, a acetilcolina não se decompõe, permanecendo no espaço sináptico e estimulando permanentemente os dendritos do outro neurônio. A condução do impulso nervoso torna-se, então, descoordenada, provocando espasmos (contrações súbitas e involuntárias dos músculos) e até a morte.

Outras substâncias, como o curare (veneno usado pelos índios nas suas flechas), atuam nas sinapses como competidor da acetilcolina, isto é, combinam-se com os receptores químicos da membrana pós-sináptica com os quais a acetilcolina deveria se combinar, impedindo, dessa maneira, que o neurotransmissor atue. Isso pode determinar a morte do indivíduo por asfixia, uma vez que os músculos respiratórios, não sendo estimulados, paralisam-se.

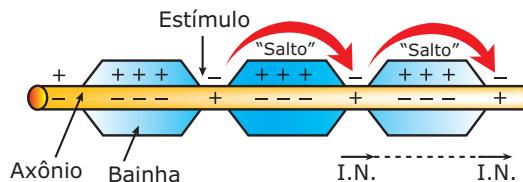
Sinapse neuromuscular (placa motora)

É feita entre as terminações do axônio de um neurônio e uma fibra muscular estriada (célula muscular). Nessas sinapses, as extremidades do axônio formam terminações achatadas, denominadas placas terminais neuromusculares, que liberam o mediador químico que estimula a atividade da célula muscular.

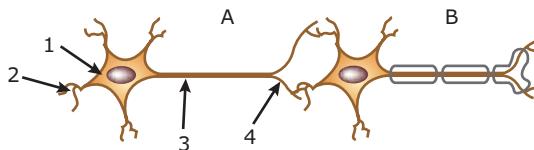
Sinapse neuroglandular

É feita entre as terminações do axônio de um neurônio e uma célula glandular. A liberação do mediador estimula a atividade da glândula.

O IMPULSO NERVOSO

O impulso nervoso é uma onda de inversão de polaridade (despolarização) que percorre a membrana plasmática do neurônio, obedecendo, sempre, ao seguinte sentido de propagação:

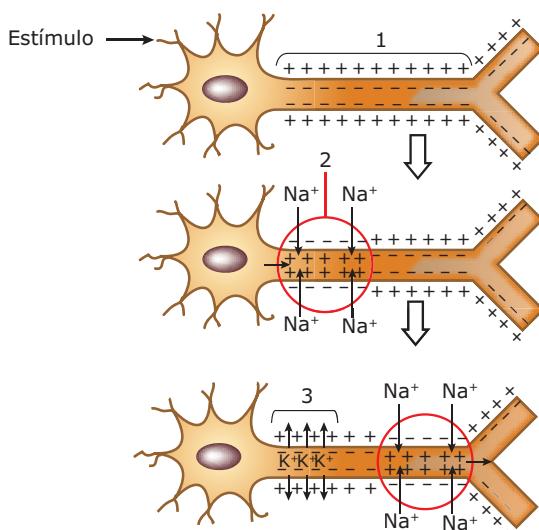
dendritos → corpo celular → axônio

É devido a esse sentido obrigatório de propagação que se fala em impulso nervoso celulípeto (em direção ao corpo celular) nos dendritos e celulífugo (saído do corpo celular) no axônio.

A membrana plasmática do neurônio em repouso (polarizado) tem carga elétrica positiva na face externa e negativa na face interna. Isso é consequência de uma maior concentração de íons positivos no meio extracelular em relação ao intracelular. Lembre-se de que, através do mecanismo da bomba de sódio e potássio, a célula mantém uma maior concentração de íons Na^+, no meio extracelular, em relação ao intracelular, onde, por sua vez, há maior concentração de íons K^+ em relação ao meio extracelular. Para cada três íons Na^+ bombeados para fora da célula, são bombeados apenas dois íons K^+ para dentro (a relação Na:K é de 3:2). Entretanto, se somarmos os íons Na^+ e K^+ (ambos íons positivos), veremos que há uma maior concentração deles no meio extracelular. Assim, a face externa da membrana do neurônio fica voltada para uma região em que a concentração de íons positivos é maior e, por isso, essa face é considerada positiva, enquanto a face interna, por um princípio de relatividade, passa a ser considerada como negativa. Nessa situação, fala-se que o neurônio está em repouso e tem sua membrana polarizada. Chama-se potencial de repouso a diferença de potencial elétrico (DDP) entre as faces externa e interna da membrana de um neurônio em repouso. O valor do potencial de repouso é em torno de −70 mV (milivolts). O sinal negativo indica que o interior da célula é negativo em relação ao exterior. Apesar do nome, a manutenção do potencial de repouso demanda gasto de energia pela célula, uma vez que o bombeamento de íons é um processo de transporte ativo e, portanto, consome ATP.

Condução do impulso nervoso em um axônio amielínico *– Quando o neurônio recebe um estímulo em uma determinada região de sua membrana, ocorre, nessa região, uma alteração na sua permeabilidade. Em um primeiro momento a membrana torna-se muito permeável ao sódio (Na^+) que, então, por difusão, começa a atravessá-la, ou seja, os íons Na^+ passam do meio externo (extracelular), onde estão em maior concentração, para o meio interno (intracelular). Com isso, há uma despolarização ou inversão de polaridade da membrana nesse local: a face interna fica positiva e a externa, negativa. A alteração rápida de potencial elétrico que ocorre durante a despolarização tem uma amplitude da ordem de 105 mV (de −70 a +35 mV) e denomina-se potencial de ação. Em um segundo momento, essa mesma região da membrana torna-se mais permeável ao potássio (K^+) que, então, começa a passar do meio interno (intracelular) para o meio externo (extracelular), fazendo com que a membrana, nessa região, volte a ter sua face externa positiva e a interna negativa, ou seja, a saída dos íons K^+ promove a repolarização nessa região membrana. Todo esse mecanismo de despolarização e repolarização numa mesma região da membrana dura cerca de 1 ms (milionésimo de segundo). A despolarização que se inicia em determinado ponto da membrana, propaga-se pela membrana do neurônio no sentido dendrito → corpo celular → axônio, constituindo o impulso nervoso. Assim, à medida que o impulso nervoso propaga-se pela membrana ocorrem sucessivas despolarizações seguidas de sucessivas repolarizações. O impulso nervoso propaga-se pela membrana do neurônio até chegar às terminações finais do axônio, onde estimula a liberação do mediador químico (neurotransmissor). É bom lembrar que após a passagem do impulso, por uma região da membrana, o mecanismo da bomba de sódio e potássio promove o retorno, nessa região da membrana, da situação inicial de repouso que existia antes da aplicação do estímulo, ou seja, o sódio que entrou na célula é bombeado de volta para fora, enquanto os íons K^+ que saíram são enviados para o interior da célula.*

Condução do impulso nervoso através de um axônio mielínico *– Em um axônio amielínico, o impulso, para chegar até o telodendro (ramificações finais do axônio), precisa propagar-se pela membrana do axônio em toda a sua extensão. Nos axônios mielínicos, a condução do impulso é mais rápida, uma vez que apenas as regiões dos nódulos de Ranvier sofrem inversão de polaridade. Assim, o impulso se propaga como uma onda de inversão de polaridade que "salta" de um nódulo de Ranvier para outro, não acontecendo em toda região mielinizada (a mielina é um isolante). Essa condução do impulso num axônio mielínico é conhecida por "condução saltatória". Na condução saltatória, o impulso nervoso chega mais rapidamente ao telodendro. Isso explica o fato de os axônios mielínicos conduzirem mais rapidamente o impulso que os axônios amielínicos. Nos neurônios mielinizados, a propagação do impulso pode atingir velocidades da ordem de 100 m/s.*

A estimulação de um neurônio segue a "**lei do tudo ou nada**". Isso significa que ou o estímulo é suficientemente intenso para excitar o neurônio, desencadeando a inversão de polaridade, ou nada acontece. O menor estímulo capaz de gerar a inversão de polaridade e desencadear a propagação do impulso é denominado estímulo limiar.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) Dois neurônios fazem conexão, como é mostrado na figura a seguir:

Assinale a alternativa que apresenta uma afirmação **CORRETA** em relação à figura.

A) As setas 1 e 3 indicam, respectivamente, axônio e dendrito do neurônio A.

B) Os mediadores químicos do impulso nervoso são liberados especialmente pela estrutura indicada pela seta 2.

C) A seta 4 indica a placa motora do neurônio A.

D) A propagação do impulso nervoso se dá no sentido neurônio B → neurônio A.

E) O neurônio B é mais rápido na condução do impulso nervoso que o neurônio A.

02. (PUC Minas) O tecido nervoso, além dos neurônios, possui outros tipos de células que constituem a neuróglia ou glia. São funções das células gliais, **EXCETO**

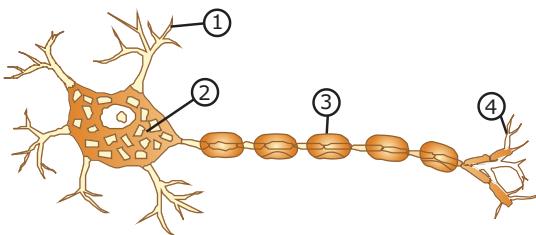
A) "cicatrização" do tecido nervoso.

B) produção de mielina.

C) sustentação do tecido nervoso.

D) nutrição dos neurônios.

E) regeneração neuronal.

03. (UFJF-MG–2006) A figura a seguir ilustra o processo de transmissão do impulso nervoso.

Sobre esse processo, é **CORRETO** afirmar que

A) nos neurônios, células especializadas na recepção e transmissão do impulso nervoso, não ocorre produção de proteínas e ATP.

B) a bomba de sódio e potássio é responsável pelo transporte desses íons (sódio e potássio) a favor do gradiente de concentração.

C) o potencial de repouso da membrana é restaurado quando a entrada de sódio é maior do que a saída de potássio.

D) a chegada do impulso nervoso ao terminal axônico promove a liberação de neurotransmissores.

E) as regiões 1, 2 e 3 mostram que a membrana plasmática do axônio está, respectivamente, despolarizada, polarizada e redespolarizada.

04. (UFMG) O filme *O óleo de Lorenzo* conta a história de um menino afetado por uma doença chamada leucodistrofia, que leva a deficiências auditivas, visuais e motoras. Essas deficiências devem-se à destruição da bainha de mielina das células nervosas.

Analise a figura a seguir, referente a uma célula nervosa na qual alguns componentes foram numerados de 1 a 4:

Assinale a alternativa que contém o número correspondente à bainha de mielina.

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

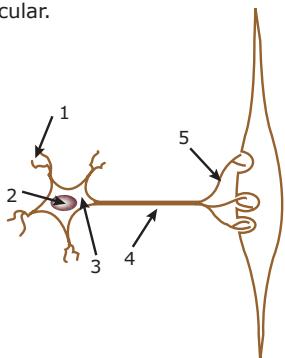
05. (FUVEST-SP) Podemos caracterizar a placa motora como uma sinapse

A) neuroneurônica.

B) axônico-dendrítica.

C) axônico-corporal.

D) neuroglandular.

E) neuromuscular.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) No tecido nervoso, o mediador químico é geralmente liberado

A) pelas terminações do dendrito.

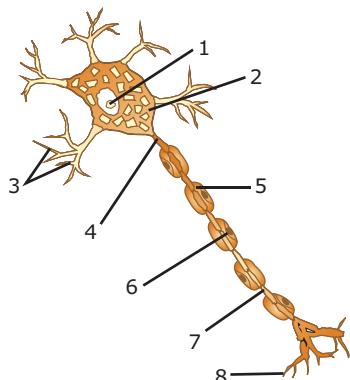
B) pelas terminações do axônio.

C) pelo corpo celular do neurônio.

D) pelas substâncias da fenda sináptica.

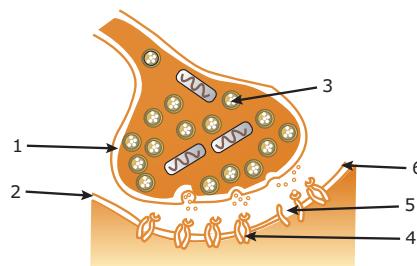
E) pelas neuróglias.

02. (PUC Minas) A continuidade fisiológica entre o neurônio e uma fibra muscular se faz através de

A) axônios.
B) dendritos.
C) mielina.
D) nódulos de Ranvier.
E) sinapses.

03. (PUC Minas) O esquema a seguir representa uma sinapse neuromuscular.

Os mediadores químicos são produzidos e liberados, respectivamente, em

A) 1 e 5.
B) 1 e 3.
C) 2 e 4.
D) 3 e 5.
E) 2 e 3.

04. (FCMMG) O desenho a seguir, representativo de uma célula nervosa, está numerado de 1 a 8.

Assinale a alternativa cujos números indicam, respectivamente, o axônio, células de Schwann e o corpo celular.

A) 1, 3 e 5
B) 3, 5 e 4
C) 4, 5 e 2
D) 4, 7 e 2
E) 8, 6 e 3

05. (Mackenzie-SP–2010) Alguns tipos de drogas, utilizadas no tratamento da esquizofrenia, agem bloqueando os receptores de dopamina, um tipo de neurotransmissor, nas sinapses. A respeito desse bloqueio, é **CORRETO** afirmar que

A) ocorre no axônio de um neurônio.
B) provoca destruição dos neurotransmissores.
C) como consequência não há impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.
D) atrasa a condução de um impulso ao longo de um neurônio.
E) provoca a diminuição permanente da produção de ATP no neurônio pós-sináptico.

06. (UFPE–2006 / Adaptado) Na figura, ilustra-se uma sinapse nervosa, região de interação entre um neurônio e uma outra célula. Com relação a esse assunto, é **INCORRETO** afirmar que

A) a fenda sináptica está compreendida entre a membrana pré-sináptica do neurônio (1) e a membrana pós-sináptica da célula estimulada (2).
B) na extremidade do axônio existem vesículas sinápticas (3), que contêm substâncias como a acetilcolina e a noradrenalina.
C) os neurotransmissores liberados pelo axônio se ligam a moléculas receptoras (4) na membrana pós-sináptica.
D) canais iônicos (5), na membrana pós-sináptica, permitem a entrada de íons Na^+ na célula.
E) a passagem do impulso nervoso pela sinapse é um fenômeno físico-químico; depende do número de vesículas sinápticas na parede da célula estimulada (6).

07. (Cesesp-PE) Com referência às células nervosas e suas sinapses, foram formuladas três alternativas:

I. Cada neurônio constitui uma unidade formada pelo corpo da célula nervosa e seus prolongamentos. A transmissão do impulso nervoso de uma célula à outra é feita através de sinapses, nas quais não existe continuidade de citoplasma entre os dois neurônios.

II. A transmissão do impulso nervoso entre dois neurônios é feita através de uma sinapse que constitui um ponto de união no qual existe continuidade do citoplasma das duas células, permitindo que o impulso nervoso passe de célula a célula, sem interposição de membranas plasmáticas.

III. Nas sinapses, o impulso nervoso pode ser transmitido indiferentemente em qualquer sentido, isto é, do axônio para o dendrito ou do dendrito para o axônio.

Assinale a resposta **CORRETA**, usando a seguinte chave:

A) Somente I está correta.
B) Somente II está correta.
C) Somente III está correta.
D) Estão corretas I e III.
E) Estão corretas II e III.

08. (UFBA) [...] *se a extremidade de uma fibra nervosa é estimulada, esse estímulo causa uma série de modificações elétricas e químicas, que vão se propagando ao longo da fibra.* (*BSCS*, p. 275, v. 2)

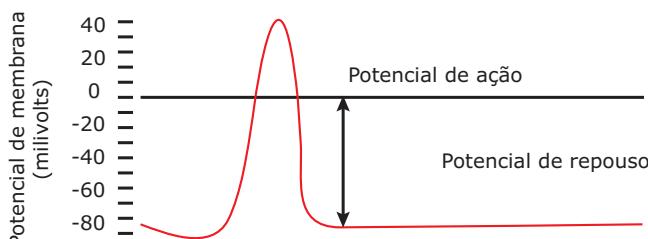
A essas modificações dá-se o nome de

A) impulso nervoso.

B) transmissão sináptica.

C) polarização.

D) limiar de excitação.

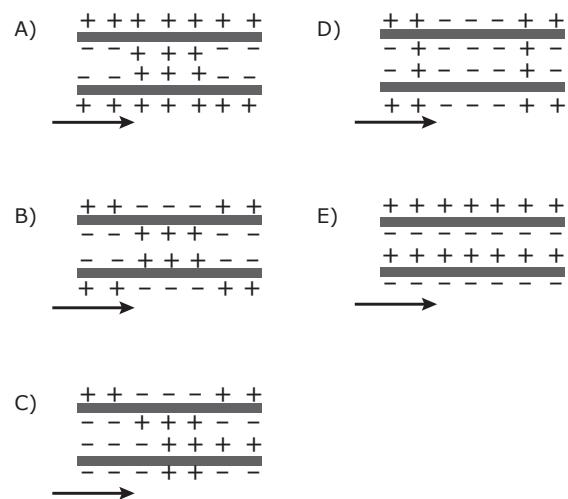
E) potencial de membrana.

09. (Uniube-MG) Quando se estuda o tecido nervoso, é frequente que se mencione a célula de Schwann, que vem a ser

A) um tipo de neurônio sensorial periférico.

B) um tipo de neurônio existente apenas no sistema nervoso central.

C) a célula que circunda o axônio de determinados neurônios.

D) as células nervosas dos artrópodes.

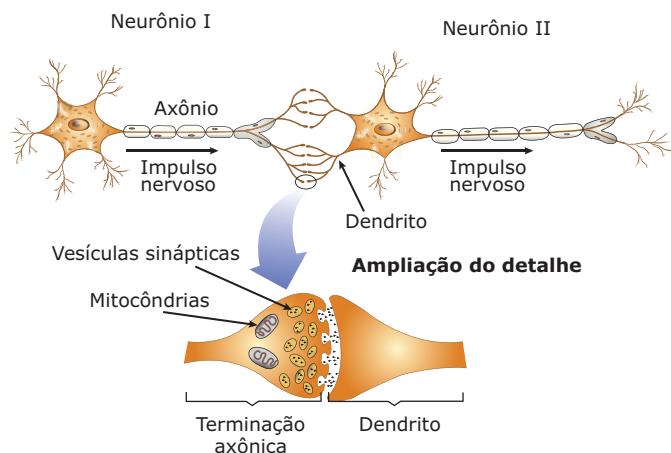
E) os neurônios polidendríticos.

10. (Cesgranrio) O tecido nervoso está formado por células (os neurônios), com grande capacidade de transmissão de impulsos. Estão dotados de prolongamentos de dois tipos, os dendritos (geralmente numerosos) e o axônio (sempre único). No relacionamento entre neurônios, feito por intermédio dos respectivos prolongamentos, não há continuidade citoplasmática, mas apenas uma relação de íntima vizinhança, que é denominada

A) plasmodesmos.

B) desmossomos.

C) sinapse.

D) neurilema.

E) hemidesmossomo.

11. (UFBA) O gráfico a seguir registra a alteração elétrica de um axônio em resposta a um estímulo.

Esse axônio está esquematicamente representado em

A)
+ + + + + + +
− − + + + − −
− − + + + − −
+ + + + + + +
→

B)
+ + − − − + +
− − + + + − −
− − + + + − −
+ + − − − + +
→

C)
+ + − − − + +
− − + + + − −
− − − + + + +
− − − + + − −
→

D)
+ + − − − + +
− + − − − + −
− + − − − + −
+ + − − − + +
→

E)
+ + + + + + +
− − − − − − −
+ + + + + + +
− − − − − − −
→

11. (UFPB) O esquema a seguir representa uma sinapse entre dois neurônios.

Como pode ser observado, embora as terminações axônicas do neurônio I estejam muito próximas aos dendritos do neurônio II, não existe contato direto entre as ramificações dos dois neurônios. Assim sendo, **EXPLIQUE** como ocorre a transmissão dos impulsos nervosos de um neurônio para outro.

12. (UFV-MG) Com relação ao tecido nervoso humano, resolva os seguintes itens:

A) Além dos neurônios, o tecido nervoso apresenta outras células fundamentais para o seu funcionamento. Como se denominam, em conjunto, essas células?

B) Na sinapse química, a transmissão do impulso nervoso ocorre pela liberação de mediadores químicos. **CITE** dois exemplos desses mediadores.

BIOLOGIA

SEÇÃO ENEM

01. As fibras nervosas (neurofribras) podem ser mielínicas e amielínicas, conforme estejam envolvidas ou não pela bainha de mielina (estrato mielínico). A tabela a seguir mostra a capacidade de condução de três fibras nervosas (A, B e C).

Com base nos dados da tabela é correto dizer que

	Presença da bainha de mielina	Diâmetro	Velocidade de propagação do impulso
A	+	Maior	15 a 100 metros por segundo
B	+	Médio	3 a 14 metros por segundo
C	–	Menor	0,6 a 2 metros por segundo

A) as fibras mielínicas são mais rápidas na condução do impulso nervoso.

B) as fibras amielínicas são as que conduzem mais rapidamente o impulso nervoso.

C) nas fibras mielínicas a velocidade de propagação do impulso é inversamente proporcional ao diâmetro das mesmas.

D) quanto maior o diâmetro da fibra mielínica menor será a velocidade de propagação do impulso nervoso.

E) na fibra C os nódulos de Ranvier (nós neurofibrosos) estão mais próximos uns dos outros.

02. "Sempre acreditamos que os neurônios, diferentemente das demais células do nosso corpo, não eram gerados na vida adulta, nem tinham a capacidade de se multiplicar ou se regenerar nesse período. Estudos recentes, no entanto, constataram que novos neurônios são produzidos todos os dias, em áreas específicas do cérebro, em diversas espécies de animais, inclusive em humanos... .

... Embora muitos aspectos da neurogênese ainda precisem ser mais bem compreendidos, pode-se afirmar que um padrão de vida saudável – praticar regularmente exercícios físicos e mentais, melhorar a qualidade do sono, diminuir o estresse diário e evitar o uso de drogas ou o consumo em excesso de álcool – pode, além de manter seu organismo em bom estado, aumentar as taxas de geração de novos neurônios em seu cérebro, levando a um melhor desempenho da memória, do raciocínio e de outras capacidades mentais e prevenindo problemas de comportamento."

Fonte: *Revista Ciência Hoje*, fev. 2010. Vol.45, p. 26-31 (Adaptação)

De acordo com o texto,

A) manter a mente ocupada com tarefas que exigem memorização e aprendizado pode contribuir para a neurogênese.

B) antigo dogma de que após o nascimento novos neurônios não podem ser gerados permanece inabalado.

C) todos os neurônios do indivíduo adulto têm capacidade de proliferação e, portanto, de gerar novos neurônios para substituir aqueles que morrem ou são danificados.

D) o consumo de drogas, como a cocaína, anfetamina ou ecstasy, aumenta significativamente a neurogênese.

E) por ter muitos aspectos incompreendidos, a neurogênese em adultos continua sendo desacreditada pela comunidade científica.

GABARITO

Fixação

01. E 02. E 03. D 04. C 05. E

Propostos

01. B 04. C 07. A 10. C

02. E 05. C 08. A 11. B

03. D 06. E 09. C

12. Os impulsos nervosos são transmitidos de um neurônio para outro através da ação de neurotransmissores (mediadores químicos), liberados na sinapse pelas ramificações finais do axônio. Tais substâncias estimulam receptores localizados na membrana dos dendritos do outro neurônio. Essas substâncias, portanto, são responsáveis pela transmissão dos impulsos nervosos de um neurônio para outro.

13. A) Células da neuróglia ou células da glia ou células gliais.

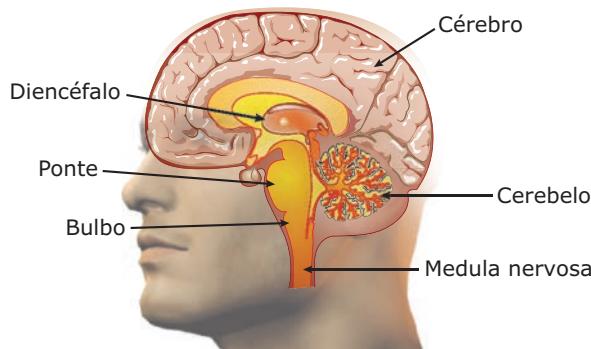
B) Acetilcolina, noradrenalina, adrenalina (epinefrina), dopamina, serotonina, glutamato, entre outros.

Seção Enem

01. A

02. A

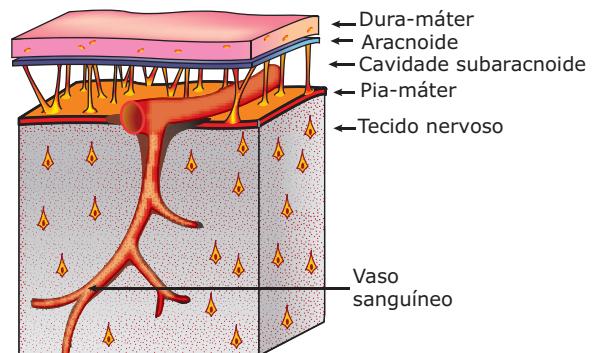
BIOLOGIA

MÓDULO 06 FRENTE B

Fisiologia humana: sistema nervoso e sistema sensorial

SISTEMA NERVOSO

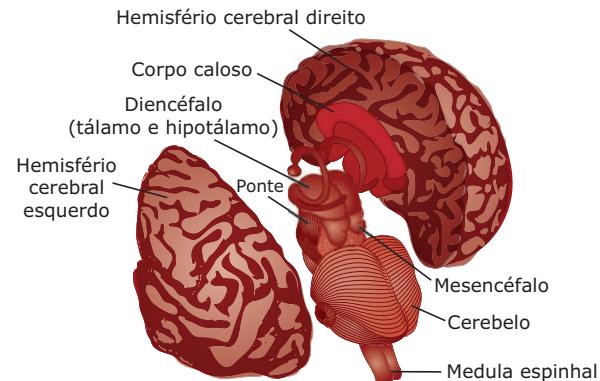
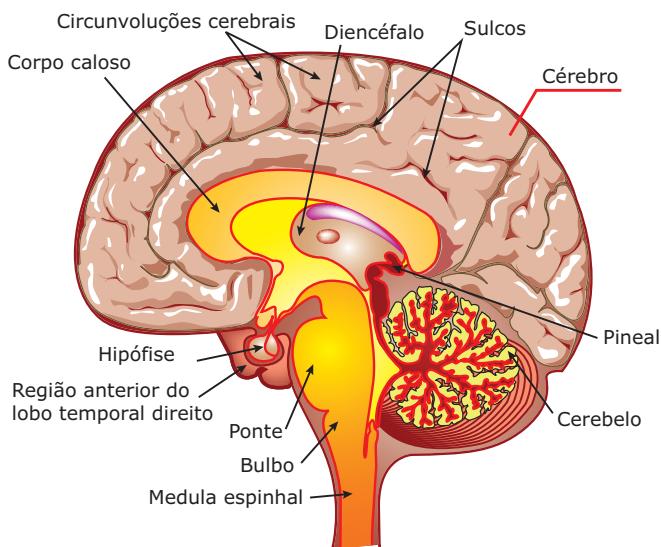
O sistema nervoso humano é do tipo cérebro-espinhal e está subdividido em **Sistema Nervoso Central (SNC)** e **Sistema Nervoso Periférico (SNP)**.

Sistema Nervoso Central (SNC)

É formado pelo encéfalo e pela medula espinhal (raquiana).

Sistema Nervoso Central (SNC) *– O encéfalo compreende os órgãos do SNC localizados no interior da caixa craniana, enquanto a medula espinhal é um cordão nervoso situado no interior do canal raquiano (raquidiano) da coluna vertebral. Fazem parte do encéfalo: cérebro (telencéfalo), tálamo e hipotálamo (diencéfalo), cerebelo (metencéfalo), ponte de Varólio e bulbo (mielencéfalo).*

Todos os órgãos do SNC estão protegidos por um envoltório ósseo, pelas meninges e pelo líquor (líquido cefalorraquidiano).

O envoltório ósseo que protege os órgãos do SNC são os ossos que formam a caixa craniana (protegem os órgãos do encéfalo) e as vértebras da coluna vertebral (protegem a medula espinhal).

As meninges são membranas de tecido conjuntivo que envolvem e protegem os órgãos do SNC. Elas são três: **pia-máter**, **aracnoide** e **dura-máter**.

As meninges *– Pia-máter: é a meninge mais delgada e a mais interna. Fica em contato direto com os órgãos do SNC; Aracnoide: meninge intermediária, situada entre a dura-máter e a pia-máter. Possui muitos vasos sanguíneos, os quais formam uma rede que lembra uma teia de aranha, originando o seu nome. Abaixo da aracnoide, existe um espaço de diâmetro capilar denominado espaço subaracnoide ou cavidade subaracnoide, onde existe um líquido chamado líquor (líquido cefalorraquidiano, líquido cérebro-espinhal), que tem a função de dar mais proteção aos órgãos do SNC, já que atua como amortecedor contra choques mecânicos; Dura-máter: localizada logo abaixo do tecido ósseo, é a meninge mais externa e também a mais grossa.*

Vejamos, agora, os principais órgãos componentes do SNC e suas respectivas funções:

Cérebro

Também chamado de telencéfalo, o cérebro é o órgão mais volumoso do nosso encéfalo (cerca de 1 450 cm^3), ocupando quase todo o espaço da caixa craniana.

Cérebro *– É dividido em duas metades homólogas: hemisfério cerebral direito e hemisfério cerebral esquerdo. No hemisfério cerebral direito, estão os centros nervosos que controlam o funcionamento de estruturas localizadas no lado esquerdo do nosso corpo, enquanto, no hemisfério cerebral esquerdo, situam-se centros nervosos que controlam o funcionamento de estruturas do lado direito do corpo. Assim, cada hemisfério controla o funcionamento do lado oposto do corpo. Isso se deve ao cruzamento das fibras nervosas que fazem a conexão entre os hemisférios cerebrais e as diversas partes do nosso corpo, já que o hemisfério esquerdo recebe as fibras provenientes do lado direito, enquanto o hemisfério direito recebe as fibras vindas do lado esquerdo. Esses dois hemisférios cerebrais se mantêm unidos por um largo feixe de fibras nervosas que formam o chamado corpo caloso.*

Lembre-se de que somos animais girencéfalos, uma vez que, externamente, o nosso cérebro apresenta uma série de dobras, as chamadas circunvoluções cerebrais ou giros cerebrais, que aumentam a superfície do córtex cerebral (parte mais externa do cérebro).

Fazendo-se um corte transversal em nosso cérebro, observamos que o córtex cerebral (porção mais periférica do cérebro) tem uma coloração mais escura e, por isso, essa região também é conhecida por massa cinzenta. Mais internamente, predomina uma coloração mais clara e, por essa razão, a região também é chamada de massa branca.

O exame microscópico mostra que a massa cinzenta possui um número muito grande de corpos celulares de neurônios, enquanto na massa branca praticamente só encontramos as ramificações dos neurônios, ou seja, dendritos e axônios.

Dendritos e axônios exercem importante papel na fisiologia do tecido nervoso, especialmente na condução dos impulsos nervosos. Entretanto, os corpos celulares é que constituem a sede de comando dessas células. Nos corpos celulares dos neurônios, os dados são computados e processados, resultando na percepção de sensações, no envio de ordens, no armazenamento de informações (memória), na interpretação e associação de fatos, etc. Por isso, o córtex cerebral tem um papel muito importante no grau de desenvolvimento mental do indivíduo. Lembre-se de que é a área (extensão de superfície) do córtex cerebral, e não o volume do cérebro, o que define o grau de adiantamento de uma espécie.

O córtex cerebral comanda todas as ações voluntárias praticadas pelo indivíduo, além de comandar atos inconscientes e conter centros nervosos relacionados com os sentidos, a memória, o pensamento, a inteligência, etc.

No tecido nervoso do cérebro, existem diversos peptídeos, entre os quais estão as endorfinas e as endocefalinas, que são dotadas de propriedades analgésicas semelhantes às da morfina. Acredita-se também que essas substâncias podem atuar como mediadores químicos do impulso nervoso e ainda influenciar o padrão de comportamento da pessoa.

No cérebro, também atuam as chamadas drogas psicotrópicas. Algumas, como o álcool, os barbitúricos e a heroína, são depressivas, ou seja, diminuem a velocidade de funcionamento do cérebro, induzindo o sono, o relaxamento muscular e prejudicando as atividades psicomotoras. Outras, ao contrário, como as anfetaminas ("bolinhas"), a cocaína e o crack, são estimulantes, ou seja, aceleram o funcionamento do cérebro, causando euforia e excitação geral do organismo. Algumas drogas, como o LSD, o ecstasy e a maconha, podem perturbar de tal forma o funcionamento normal do SNC que chegam, inclusive, a causar alucinações.

Diencéfalo

É a região do encéfalo formada pelo tálamo e pelo hipotálamo.

O tálamo é uma região de substância cinzenta que atua como estação retransmissora de impulsos nervosos para o córtex cerebral. Ele é responsável pela condução dos impulsos às regiões apropriadas do cérebro em que eles devem ser processados.

O hipotálamo, também constituído por substância cinzenta, faz a ligação entre o sistema nervoso e o sistema endócrino, atuando na ativação de diversas glândulas endócrinas. O hipotálamo controla as nossas emoções, o apetite, o sono e o nosso comportamento sexual. É também no hipotálamo que estão os centros nervosos que regulam a nossa temperatura corporal e o equilíbrio hídrico do corpo.

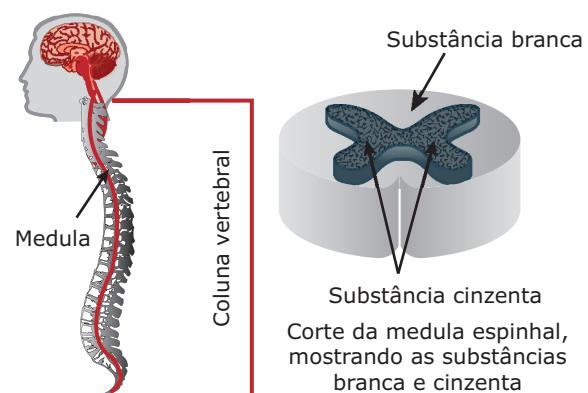
Cerebelo

Também conhecido por metencéfalo, o cerebelo fica situado logo abaixo do cérebro. Assim como o cérebro, o cerebelo possui uma região cortical (córtex cerebelar), constituída por substância cinzenta e por uma parte central de substância branca. Também apresenta dois hemisférios, unidos por uma parte central, o vérmis. No cerebelo, estão os centros nervosos que coordenam a realização simultânea de dois ou mais movimentos voluntários e os centros que controlam o equilíbrio do corpo, permitindo, inclusive, uma previsão das posições que o corpo deve assumir ao executar um determinado movimento (salto, corrida), coordenando e dosando a participação dos vários músculos envolvidos. O cerebelo também é responsável pelo tônus muscular.

Ponte (protuberância)

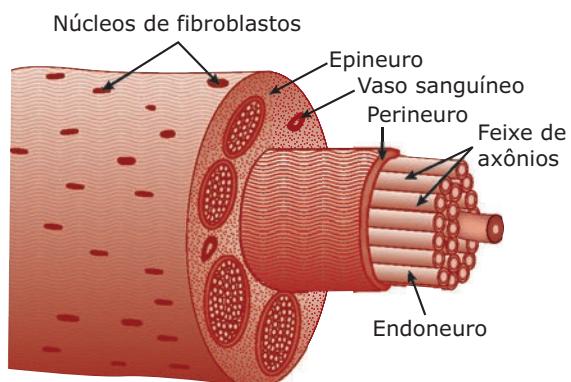
Situada na base do cerebelo, a ponte de Varólio, ou, simplesmente, ponte, tem um importante papel na condução de impulsos, fazendo a conexão entre o bulbo e os demais órgãos do encéfalo.

Bulbo

Também conhecido por mielencéfalo, o bulbo raquidiano, ou, simplesmente, bulbo, situa-se logo acima da medula espinhal. Além de exercer função condutora de impulsos nervosos, possui importantes centros nervosos de comando, como o centro que comanda o ritmo respiratório e o centro que comanda o ritmo cardíaco. A região do bulbo onde se localizam esses dois importantes centros de comando é conhecida por nó vital. Os centros nervosos que comandam a deglutição, o vômito e a tosse também estão localizados no bulbo.

O bulbo, a ponte e o mesencéfalo (cérebro médio) formam o chamado tronco encefálico, que faz a conexão entre o cérebro e a medula espinhal.

Medula espinhal (espinal)

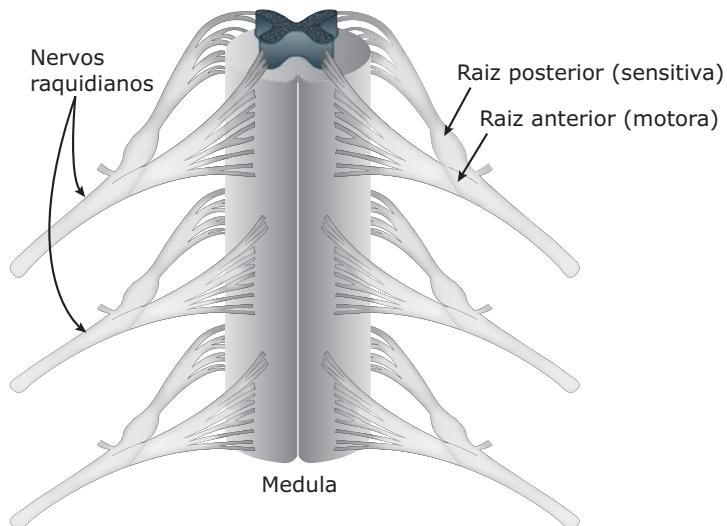
É um cordão nervoso localizado no interior do canal vertebral (canal raquiano), com cerca de 1 cm de diâmetro em sua porção mais dilatada.

Na medula, ao contrário do que ocorre no cérebro, a massa cinzenta (substância cinzenta) fica na parte central, enquanto a massa branca (substância branca) se localiza na periferia.

Além de exercer a função de conduzir os impulsos nervosos, a medula espinhal também apresenta centros nervosos de comando, como aqueles que são responsáveis pelos reflexos medulares que veremos mais adiante.

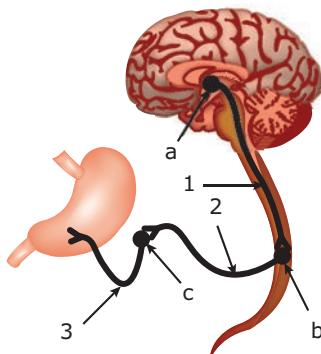
Corte da medula espinhal, mostrando as substâncias branca e cinzenta

Sistema Nervoso Periférico (SNP)

É formado por nervos e por gânglios nervosos.

A) **Nervos** – São feixes de fibras nervosas envolvidas pelo epineuro (uma capa de tecido conjuntivo rico em fibras colágenas e elásticas, além de muitos fibroblastos). Cada feixe é constituído por várias fibras nervosas (axônios). Portanto, não existem corpos celulares de neurônios nos nervos, por isso a sua coloração é esbranquiçada.

O nervo *– Cada axônio, com bainha de mielina ou não, é envolvido por uma delicada camada de tecido conjuntivo, rica em fibras reticulares, denominada endoneuro. Cada feixe de axônios é envolvido por uma bainha formada por várias camadas de células achatadas justapostas denominada perineuro. O nervo, por sua vez, é revestido pelo epineuro, constituído por tecido conjuntivo denso.*

A função dos nervos é a de levar impulsos nervosos gerados em diferentes partes do corpo para o SNC ou trazer impulsos do SNC para diferentes partes do nosso corpo. Têm, portanto, uma função condutora de impulsos nervosos. Aqueles que apenas levam impulsos ao SNC são chamados de nervos sensitivos,

e as fibras nervosas que os constituem são denominadas fibras sensitivas. Os que apenas trazem impulsos do SNC são os nervos motores, constituídos de fibras nervosas motoras. Existem também os nervos mistos, formados por fibras sensitivas e fibras motoras, capazes de levar e trazer impulsos do SNC. Podemos dizer também que os nervos sensitivos são aferentes em relação ao SNC, enquanto os nervos motores são eferentes em relação ao SNC. Os nervos mistos são aferentes e eferentes ao mesmo tempo.

Conforme a parte do SNC com que fazem conexão, os nervos podem ser classificados em cranianos e raquidianos. Os nervos cranianos (encefálicos) são aqueles que estabelecem conexão com o encéfalo, enquanto os nervos raquidianos (raquianos, espinhais) fazem conexão com a medula espinhal. Em nosso organismo, existem 12 pares de nervos cranianos e 31 pares de nervos raquidianos.

Nervos cranianos	
(I) Olfativo (sensitivo)	Leva impulsos gerados na mucosa nasal ao cérebro. No cérebro, esses impulsos serão transformados na percepção do olfato.
(II) Óptico (sensitivo)	Leva ao cérebro os impulsos gerados na retina que nos dão as sensações visuais.
(III) Motorocular (motor)	Trazem do encéfalo os impulsos que permitirão movimentar os olhos para cima, para baixo e para dentro (direção do nariz).
(IV) Patético ou troclear (motor)	Trazem do encéfalo os impulsos que permitem aos olhos girarem circularmente.
(V) Trigêmeo (misto)	Levam impulsos que permitem perceber sensações da face e trazem impulsos que permitem contrações dos músculos da mímica.
(VI) Abducente (motor)	Trazem impulsos que permitem a movimentação dos olhos para fora.
(VII) Facial (misto)	Levam impulsos que permitem a percepção de sensações cutâneas na face e trazem impulsos que também atuam na contração dos músculos da mímica.
(VIII) Cócleo-vestibular (sensitivo)	Um dos seus ramos (ramo coclear) leva ao cérebro os impulsos que permitem a percepção sonora. O outro ramo (ramo vestibular) leva ao cerebelo os impulsos que permitem controlar o equilíbrio do corpo.
(IX) Glossofaríngeo (misto)	Levam impulsos que permitem a percepção do paladar e trazem impulsos que permitem a movimentação da língua.
(X) Pneumogástrico ou Vago (misto)	Único nervo craniano que faz conexão com órgãos torácicos e abdominais.
(XI) Espinhal (motor)	Trazem impulsos que permitem contração de músculos dos ombros (bater de ombros, por exemplo, do malcriado).
(XII) Hipoglosso (motor)	Trazem impulsos que ajudam na movimentação da língua.

Nervos raquidianos *– Os nervos raquidianos fazem conexão da medula com diferentes partes do corpo, como braços, tronco e pernas. São todos mistos, apresentando duas raízes: uma ventral (anterior), onde existem apenas fibras motoras, e outra dorsal (posterior), que possui somente fibras sensitivas.*

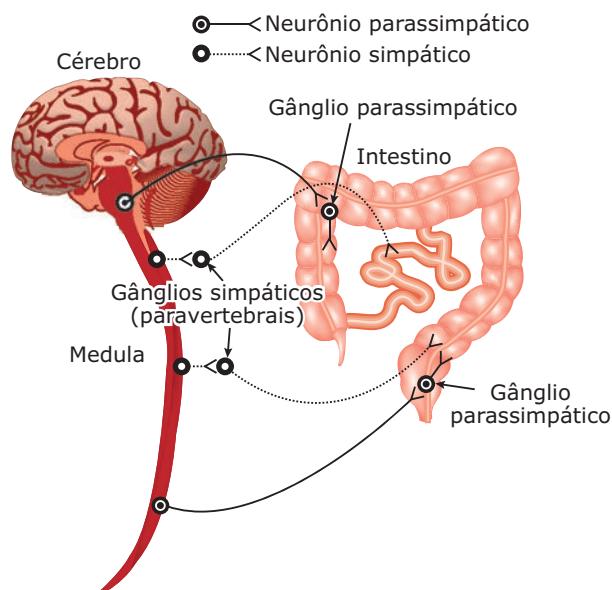
B) **Gânglios nervosos** – São aglomerados de corpos celulares de neurônios que se encontram fora dos órgãos do SNC. Aglomerados de corpos celulares de neurônios dentro do SNC são denominados núcleos ou centros nervosos. Quando esses aglomerados ocorrem fora do SNC, eles são chamados gânglios nervosos e apresentam-se, geralmente, como uma dilatação.

*Na figura, as letras **a**, **b** e **c** indicam aglomerados de corpos celulares de neurônios. Como **a** e **b** estão localizados no SNC, são, portanto, centros nervosos. Como **c** está localizado fora do SNC, é, portanto, um gânglio nervoso. Como **1**, **2** e **3** representam fibras nervosas, em **2**, as fibras são pré-ganglionares, e, em **3**, são fibras pós-ganglionares. Em **c** (gânglio nervoso), ocorrem sinapses interneurais entre as terminações das fibras (axônios) pré-ganglionares e os dendritos que saem dos corpos celulares dos neurônios que formam o gânglio.*

Nem sempre as fibras nervosas que saem de corpos celulares de neurônios localizados no SNC fazem conexão com gânglios nervosos. Muitas vezes, as fibras saem dos centros nervosos do SNC e dirigem-se diretamente para o órgão efetor (órgão que efetuará uma ação quando receber os impulsos provenientes de centros nervosos do SNC).

Muitas atividades do nosso sistema nervoso são ações conscientes que estão sob o controle da nossa vontade (atos voluntários), como pensar, movimentar um braço, contrair músculos da face para mudar a expressão facial, etc. Por outro lado, existem muitas ações autônomas, como os batimentos cardíacos, que não dependem da nossa vontade (atos involuntários). Os componentes do sistema nervoso relacionados com os atos voluntários formam o chamado sistema nervoso voluntário ou somático, enquanto aqueles que se relacionam com os atos involuntários formam o sistema nervoso autônomo (SNA).

Sistema Nervoso Autônomo (SNA)

O sistema nervoso autônomo é a parte do nosso sistema nervoso que controla as atividades involuntárias do organismo, tais como as contrações dos músculos lisos existentes nas paredes das vísceras, a frequência cardíaca, a respiração involuntária, a temperatura do corpo, a produção de secreções em muitas glândulas, etc.

O sistema nervoso autônomo subdivide-se em simpático e parassimpático que, geralmente, têm atividades antagônicas (contrárias).

Sistema nervoso autônomo simpático

É formado por centros nervosos localizados nas regiões torácica e lombar da medula espinhal. Desses centros nervosos, saem fibras nervosas motoras que fazem sinapses com gânglios, de onde saem fibras (fibras pós-ganglionares) que, por sua vez, vão para o interior dos órgãos que serão controlados. Assim, fazem parte do sistema simpático centros nervosos medulares, gânglios nervosos, fibras nervosas pré-ganglionares e fibras nervosas pós-ganglionares.

Sistema nervoso autônomo parassimpático

É formado por centros nervosos localizados no encéfalo e na região sacral da medula espinhal, por gânglios nervosos e por fibras nervosas pré e pós-ganglionares.

SNA *– No sistema nervoso simpático, os centros nervosos localizam-se nas regiões torácica e lombar da medula espinhal, enquanto, no parassimpático, os centros nervosos estão no encéfalo (região do bulbo) e na região sacral da medula. Assim, podemos dizer que o sistema simpático é tóracico-lombar, e o parassimpático é crânio-sacral. No simpático, os gânglios localizam-se longe das vísceras e próximos da coluna vertebral, enquanto, no parassimpático, os gânglios localizam-se próximos ou dentro das vísceras. Em consequência da posição dos gânglios, o tamanho das fibras pré e pós-ganglionares é diferente nos dois sistemas: no simpático, a fibra pré-ganglionar é curta, e a pós-ganglionar é longa; no parassimpático, temos o contrário, isto é, a fibra pré-ganglionar é longa, e a pós-ganglionar é curta. As fibras pré-ganglionares, tanto do simpático quanto do parassimpático, são fibras colinérgicas, ou seja, liberam o mediador químico acetilcolina. A maior parte das fibras pós-ganglionares do simpático é adrenérgica (liberam o mediador noradrenalina), enquanto as pós-ganglionares do parassimpático são fibras colinérgicas.*

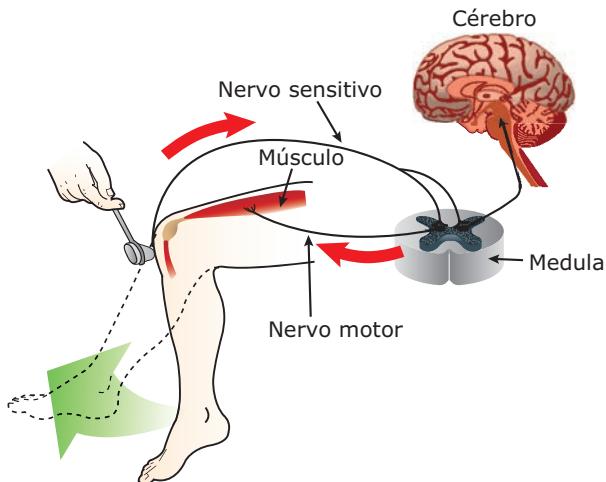
	Simpático	Parassimpático
Origem das fibras pré-ganglionares	Medula torácica e lombar	Encéfalo e medula sacral
Tipos de neurotransmissores	Acetilcolina (fibra pré-ganglionar)	Acetilcolina (fibra pré-ganglionar)
	Noradrenalina (fibra pós-ganglionar)	Acetilcolina (fibra pós-ganglionar)

Na maior parte dos órgãos controlados pelo SNA, há uma inervação mista, isto é, o mesmo órgão recebe fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas. De modo geral, os sistemas simpático e parassimpático desencadeiam ações antagônicas em um mesmo órgão.

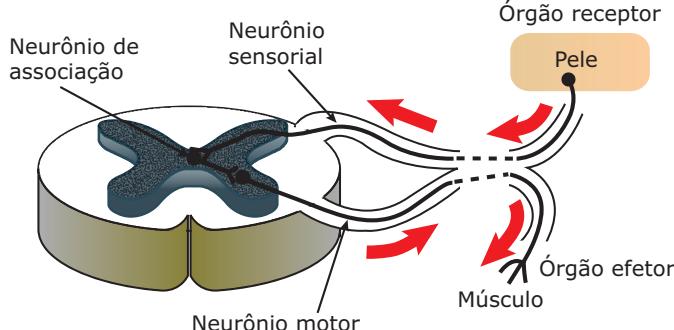
Nos órgãos que recebem terminações nervosas mistas, as fibras pós-ganglionares simpáticas e parassimpáticas liberam mediadores químicos (neurotransmissores) distintos. As fibras pós-ganglionares do simpático liberam noradrenalina, enquanto as fibras pós-ganglionares do parassimpático liberam a acetilcolina. Noradrenalina e acetilcolina desencadeiam ações antagônicas nos órgãos. Assim, de acordo com a conveniência do organismo, um determinado órgão pode ser ora inibido, ora estimulado, de maneira a garantir um desempenho fisiológico adequado ante uma determinada situação. Veja os exemplos a seguir:

	Simpático	Parassimpático
Pupilas	Dilata	Contrai
Coração	Acelera (taquicardia)	Retarda (bradicardia)
Vasos sanguíneos	Contrai (a pessoa fica pálida)	Dilata (a pessoa fica vermelha)
Estômago	Paralisa	Excita
Intestino	Paralisa	Excita
Bexiga	Relaxa	Contrai
Útero	Relaxa	Contrai

Vale a pena lembrar que alguns órgãos controlados pelo SNA não têm inervação mista. É o que acontece, por exemplo, com as glândulas sudoríparas e com os músculos eretores dos pelos, que têm inervação apenas simpática.

O arco reflexo

Reflexos são ações ou atos inconscientes, rápidos, realizados em resposta a determinado estímulo.

Há reflexos que são comandados unicamente por centros nervosos localizados na medula espinhal (reflexos medulares); outros são comandados por centros nervosos cerebrais (reflexos cerebrais), existindo ainda reflexos mais complexos que envolvem a participação de centros nervosos do cérebro e da medula (reflexos cérebro-medulares).

As estruturas que participam dos atos reflexos constituem o chamado arco reflexo. Tais estruturas são receptor, via sensitiva, neurônio associativo, via motora e efetor.

- **Receptor** – Órgão ou estrutura responsável pela captação do estímulo, ou seja, recebe determinado estímulo e sensibiliza-se, gerando impulso nervoso.
- **Via sensitiva** – É uma fibra nervosa (axônio) sensitiva ou um nervo sensitivo que conduz o impulso nervoso do órgão receptor até o sistema nervoso central.
- **Via motora** – É uma fibra nervosa motora ou um nervo motor que traz, sob a forma de impulso nervoso, a ordem de ação para o órgão efetor.
- **Neurônio associativo (neurônio de associação)** – Localizado no SNC, faz a conexão entre a via sensitiva e a via motora. É bom salientar, entretanto, que existem arcos reflexos em que não há participação de neurônio associativo. Nesse caso, os impulsos, através de uma sinapse, passam da via sensitiva para a via motora, e o arco reflexo é dito simples ou monossináptico. Quando há a participação do neurônio associativo, o arco reflexo é dito composto.
- **Efetor** – Órgão responsável pela realização da ação que constitui uma resposta ao estímulo recebido pelo órgão receptor.

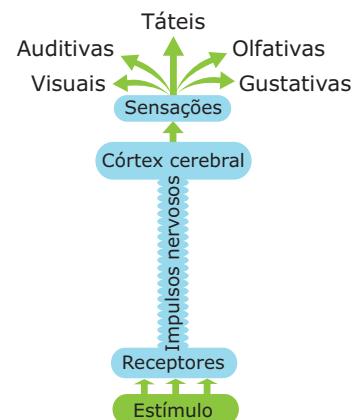
A figura a seguir representa o arco reflexo de um reflexo medular bastante conhecido: o reflexo patelar (rotuliano).

Reflexo patelar *– Aplicando-se um golpe com um martelo de borracha no joelho do indivíduo, haverá a sensibilização de extremidades nervosas (dendritos) dos neurônios localizados nessa região, gerando impulsos nervosos que, através dos axônios desses neurônios, chegam até a medula (SNC). Na medula, através de sinapses, as fibras sensitivas transmitem os impulsos para os axônios dos neurônios motores que partem da região ventral da medula e chegam aos músculos da coxa, desencadeando a contração dos mesmos. Isso faz a perna se movimentar. Conforme você pode observar na ilustração anterior, o impulso nervoso que chega à medula também será transmitido ao cérebro. No cérebro, esse impulso é interpretado, dando ao indivíduo a sensação tátil da pancada. Convém lembrar,*

entretanto, que o cérebro não participa desse arco reflexo. Assim, se rompermos a conexão entre a medula e o cérebro, o ato de levantar a perna no reflexo patelar continua ocorrendo, embora o cérebro não mais perceba as informações sensitivas e o indivíduo não tenha mais consciência da pancada no joelho. Por outro lado, se bloquearmos apenas a via motora (que envia o impulso ao órgão efetor), o indivíduo não irá contrair a perna, mas terá a sensação tátil da pancada no joelho.

***Arco reflexo composto** – A ilustração anterior representa os participantes de um reflexo medular que envolve a atuação de neurônio associativo. Observe que na medula ocorrem duas sinapses: uma entre o neurônio sensitivo com o neurônio associativo, e a outra entre o neurônio associativo e o neurônio motor. É, portanto, um arco reflexo composto ou bissináptico.*

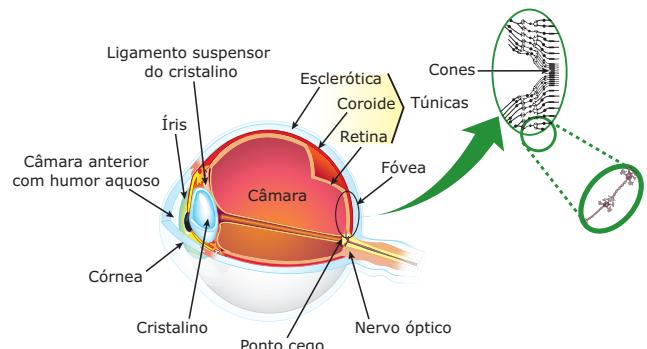
Como exemplo de reflexo comandado apenas pelo cérebro, sem a participação da medula, temos a abertura rápida da boca em resposta a uma mordida acidental da língua.

Um bom exemplo de reflexo cérebro-medular, ou seja, comandado simultaneamente por centros nervosos do cérebro e da medula, é o que acontece quando uma pessoa rapidamente leva os braços e as mãos para cima da cabeça a fim de protegê-la, quando distraidamente ouve um forte barulho sobre sua cabeça.

SISTEMA SENSORIAL

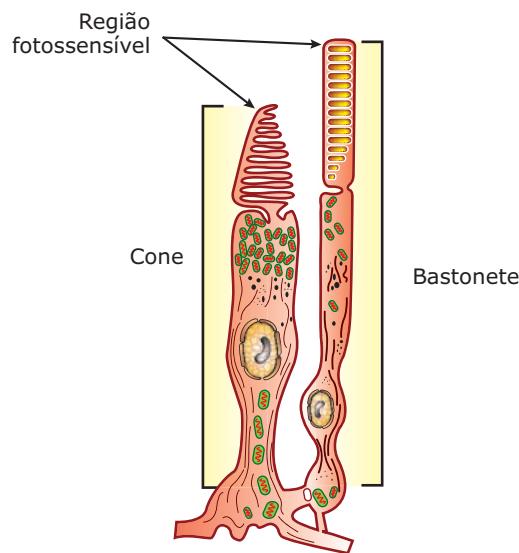
O sistema sensorial é constituído por todas as estruturas do organismo relacionadas com a percepção das mais variadas sensações (táteis, gustativas, olfativas, auditivas e visuais). É, portanto, o responsável pelos nossos sentidos. Dele fazem parte estruturas receptoras (receptores), vias condutoras e alguns centros nervosos do córtex cerebral.

Os receptores são especializados em receber estímulos provenientes do meio (externo ou interno). São estruturas constituídas por células nervosas (neurônios), capazes de se sensibilizarem quando recebem um determinado estímulo, transformando-o em impulso nervoso. Dependendo da natureza do estímulo que recebem, podem ser classificados como fotorreceptores (captam estímulos luminosos), fonorreceptores (captam estímulos sonoros), termorreceptores (captam estímulos térmicos), quimiorreceptores (captam estímulos químicos) e mecanorreceptores (captam estímulos mecânicos).

As vias condutoras do nosso sistema sensorial estão representadas por fibras nervosas sensitivas, que têm a função de conduzir os impulsos gerados nas estruturas receptoras para regiões específicas do nosso córtex cerebral. São, portanto, fibras aferentes em relação ao sistema nervoso central.

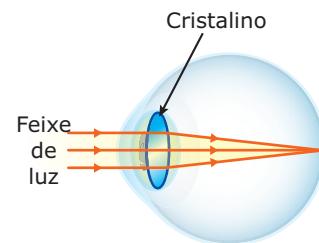
Os centros nervosos localizados em regiões específicas do nosso córtex cerebral constituem a parte central do nosso sistema sensorial. Neles, os impulsos provenientes dos receptores são interpretados e transformados em sensações. Por isso, alguns autores chamam esses centros nervosos de estruturas transformadoras do sistema sensorial.

***Sistema sensorial** – Dependendo do tipo de receptor estimulado, os impulsos dele provenientes, ao serem interpretados em nosso cérebro, permitem a percepção de diferentes tipos de sensações (táteis, gustativas, olfativas, auditivas e visuais).*

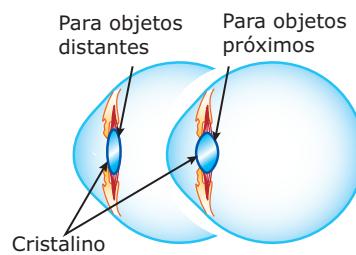
Visão

Os receptores do nosso sentido da visão são os olhos, também denominados globos oculares. São fotorreceptores que se localizam na porção superior da face, dentro de cavidades denominadas órbitas (cavidades orbitárias).

Cada globo ocular possui três túnicas (envoltórios, camadas): esclerótica, coroide e retina.

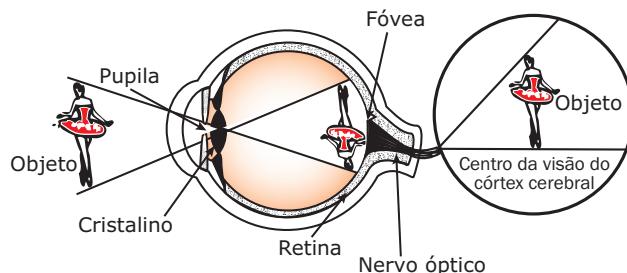
***Olho humano em corte** – A esclerótica, também conhecida por "branco do olho", é a túnica mais externa do globo ocular. É constituída basicamente por tecido conjuntivo fibroso, rico em fibras colágenas, e cumpre a finalidade estrutural de sustentar e proteger as camadas mais internas. Na porção anterior do globo ocular, a esclerótica torna-se muito fina e transparente, recebendo, nessa região, o nome de córnea. A córnea, portanto, é a porção anterior e transparente da esclerótica. A coroide é a túnica intermediária do globo ocular, constituída por tecido conjuntivo frouxo. Como é muito vascularizada, a coroide é responsável pela nutrição e pela oxigenação do globo ocular.*

Sua porção anterior é rica em melanócitos e, portanto, é pigmentada, recebendo o nome de íris ("disco colorido do olho"). A íris possui um orifício central denominado pupila ("menina dos olhos"), que pode se dilatar ou contrair, permitindo uma maior ou menor penetração de luz no olho. Na íris, ao redor da pupila, existem fibras musculares lisas que recebem terminações nervosas do simpático e do parassimpático. Os impulsos que chegam através das terminações simpáticas promovem a midríase (dilatação da pupila), enquanto os que chegam através das terminações parassimpáticas determinam a miose (contração da pupila). Quando o indivíduo passa de um ambiente muito iluminado para outro pouco iluminado, sua pupila sofre uma midríase (dilatação). Por outro lado, quando passa de um ambiente pouco iluminado para outro muito iluminado, ocorre uma miose (contração). A pupila, então, funciona de modo semelhante ao diafragma de uma máquina fotográfica, controlando a quantidade de luz que entra no olho. Diversos estímulos podem modificar o diâmetro de abertura da pupila. A emoção e o medo, por exemplo, causam sua dilatação, enquanto o sono e a anestesia provocam miose. A retina é a túnica mais interna do globo ocular, sendo constituída por tecido nervoso. Analogamente a uma máquina fotográfica, a retina atua como o "filme", uma vez que tem a função de captar e formar imagens dos objetos.

Em nossa retina, destacam-se dois tipos básicos de células fotossensíveis ou fotorreceptoras: bastonetes e cones.

Células fotossensíveis da retina *– Os bastonetes são células com grande sensibilidade à luz, mas não distinguem as cores. Permitem a percepção de formas e do contraste claro e escuro (em branco e preto). Eles são encontrados na região periférica da retina e contêm um pigmento, a rodopsina ou púrpura visual, que tem a capacidade de aumentar a sensibilidade da retina à luz. Os cones são menos sensíveis que os bastonetes, mas possuem pigmentos denominados fotopsinas, que permitem a percepção das cores, uma vez que discriminam os diferentes comprimentos de ondas luminosas. Na espécie humana, existem três tipos de cones, sensíveis, respectivamente, a comprimentos de ondas equivalentes às luzes vermelha, azul e verde. Os estímulos provenientes desses diferentes tipos de cones, quando combinados, produzem as diferentes combinações de cores. Por exemplo: um comprimento de onda de luz que estimule apenas os cones sensíveis ao vermelho é visto como vermelho; um comprimento que excite 99% dos cones sensíveis ao vermelho, 40% dos cones sensíveis ao verde e nenhum dos cones sensíveis ao azul é visto como laranja. Os cones localizam-se em maior quantidade na região central da retina.*

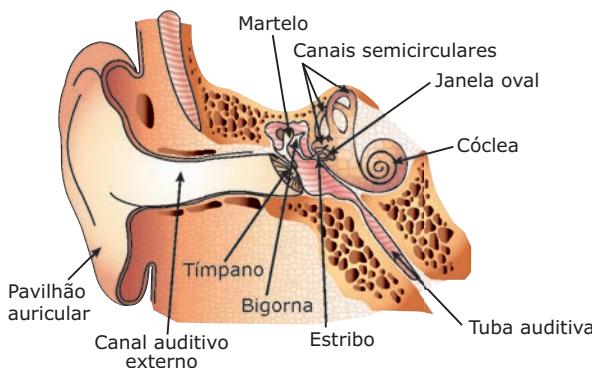
A região da nossa retina que apresenta maior sensibilidade à luz é uma pequena depressão denominada *macula lutea* (mancha amarela), em cujo centro se situa a *fovea centralis*, na qual se localizam os cones. Já os bastonetes se organizam na periferia da *macula lutea*. Logo abaixo da *macula lutea*, sai o nervo óptico, que se dirige para a área visual existente no córtex cerebral. É na região de saída desse nervo que se localiza o chamado ponto cego, local da retina onde não existem nem cones nem bastonetes e que, portanto, não é sensível à luz. Se um feixe de luz cai sobre o ponto cego, não há formação de imagens.

O globo ocular apresenta ainda o cristalino e os humores (líquidos) ópticos.

O cristalino é uma lente biconvexa que dá nitidez e foco à imagem. Localizado atrás da íris, o cristalino converge os raios luminosos que penetram no olho para um mesmo ponto situado sobre a retina, ou seja, para a *fovea centralis,* onde, então, formam-se imagens menores e invertidas dos objetos.

Olho normal

Por meio de ligamentos (ligamentos suspensores), o cristalino se prende aos músculos ciliares. Os movimentos de contração e relaxamento desses músculos alteram o diâmetro anteroposterior do cristalino. A contração aumenta sua curvatura, tornado-o mais convexo, e o relaxamento ocasiona um efeito contrário.

A acomodação do cristalino *– O cristalino é uma lente com alto poder de acomodação: torna-se menos convexo, para visão de objetos distantes, ou mais convexo, para visão de objetos próximos. Na idade avançada, o cristalino perde essa capacidade de acomodação, o que ocasiona uma visão menos eficiente. É o que se chama de presbiopia ou "vista cansada".*

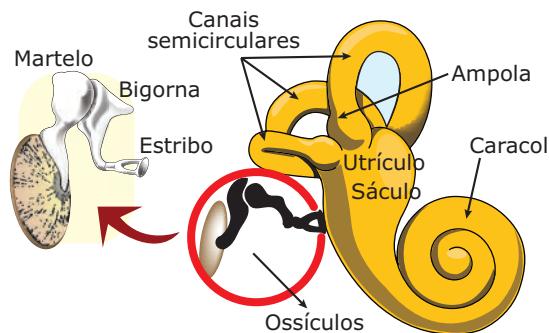
Os humores ópticos são dois: humor aquoso e humor vítreo, ambos de composição química semelhante à do plasma sanguíneo. O humor aquoso preenche a câmara anterior do olho (espaço existente entre a córnea e o cristalino).

O humor vítreo, por sua vez, preenche a cavidade central do olho, situada logo atrás do cristalino. Além de serem meios transparentes, esses humores mantêm a forma esférica do olho.

***Mecanismo da visão** – A luz proveniente do meio externo penetra em nosso organismo, atravessando os chamados meios transparentes do olho, representados pela córnea, pelo humor aquoso, pelo cristalino e pelo humor vítreo. Ao atravessar o cristalino, os raios luminosos são convergidos para um mesmo ponto situado sobre a retina, no qual se formam imagens menores e invertidas dos objetos. A imagem nítida só ocorre quando o feixe de luz incide na* fóvea centralis. *Com a formação das imagens e a sensibilização das células nervosas da retina, os impulsos nervosos gerados são conduzidos pelo nervo óptico até o centro da visão situado no córtex cerebral, onde são processados e interpretados, permitindo, assim, ao indivíduo enxergar.*

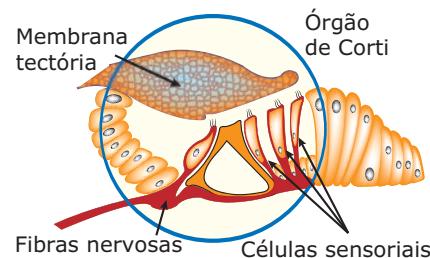
Existem ainda as estruturas acessórias (anexos) do olho. São elas: os músculos responsáveis pelo movimento do olho, as pálpebras (que têm função protetora), a conjuntiva (mucosa que protege e reveste a parte anterior do olho e a superfície interna das pálpebras) e as glândulas lacrimais (as lágrimas umedecem a córnea e a conjuntiva, desempenhando importante função na defesa e na manutenção da transparência da córnea).

Audição

As orelhas (ouvidos) são os nossos fonorreceptores. Cada orelha humana é dividida em três partes: orelha externa, orelha média e orelha interna.

Diagrama geral da orelha

A) Orelha externa – Compreende o pavilhão auditivo e o conduto auditivo externo (meato acústico externo). O pavilhão auditivo é uma projeção da pele em forma de concha, sustentada por tecido cartilaginoso. Sua função é captar as ondas sonoras que penetram no conduto auditivo externo, um canal dotado de pelos e glândulas secretoras de cerúmen (cera).

O cerúmen, juntamente com os pelos existentes na entrada do conduto auditivo, exerce uma função protetora, uma vez que dificulta a penetração de microrganismos e de objetos estranhos no interior da orelha. O conduto auditivo termina numa membrana vibrátil, a membrana do tímpano, que é a estrutura responsável pela transformação das ondas sonoras em vibrações mecânicas. A membrana do tímpano separa a orelha externa da orelha média.

B) Orelha média – Também chamada de caixa do tímpano, é uma cavidade do osso temporal, cheia de ar, onde se localizam três pequenos ossos (ossículos) denominados martelo, bigorna e estribo, que transmitem as vibrações mecânicas, geradas na membrana timpânica, até a orelha interna.

A orelha média comunica-se com a faringe através da tuba auditiva (trompa de Eustáquio). Essa comunicação permite manter a pressão do ar em equilíbrio nos dois lados da membrana do tímpano. Assim, quando há obstrução da tuba auditiva ou quando o indivíduo muda sensivelmente de altitude, o ar exerce uma força desigual sobre as duas faces da membrana timpânica, promovendo sua distensão e causando sensação desagradável.

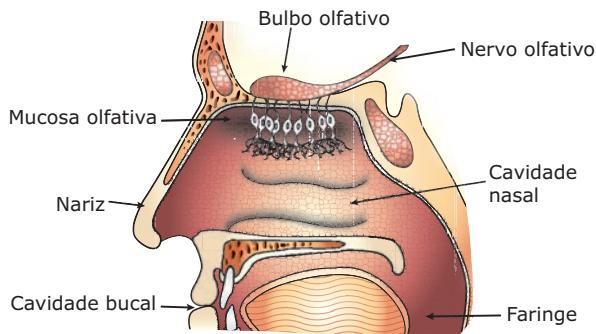
C) Orelha interna (labirinto) – É uma estrutura complexa, formada por uma série de sacos membranosos cheios de líquido (endolinfa). Divide-se basicamente em duas porções: cóclea (caracol) e vestíbulo.

Detalhe da orelha interna

A cóclea ou caracol é a parte da orelha interna relacionada com o sentido da audição. Tem a forma de um conduto espiralado, dentro do qual circula um líquido, a endolinfa. No seu interior, além da endolinfa, há o órgão de Corti (órgão espiral), responsável pela percepção sonora.

Detalhes do órgão de Corti

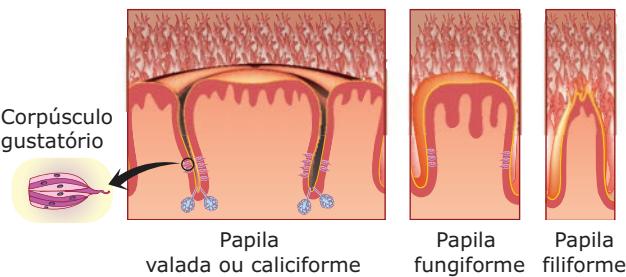
Mecanismo da audição

As ondas sonoras são captadas pelo pavilhão auditivo e, através do conduto auditivo externo, chegam à membrana do tímpano. A incidência das ondas sonoras nessa membrana a faz vibrar. Como essa membrana está em contato com o martelo, as vibrações são transmitidas à rede de ossículos da orelha média na seguinte sequência: martelo → bigorna → estribo. As vibrações desses ossículos chegam à membrana da janela oval, que é semelhante ao tímpano e separa a orelha média da orelha interna, ligando-se ao estribo. As vibrações da membrana da janela oval são, então, transmitidas à cóclea da orelha interna. As vibrações da cóclea agitam o líquido coclear, fazendo vibrar a membrana tectória do órgão de Corti. As vibrações da membrana tectória estimulam as células sensoriais que se encontram logo abaixo, sensibilizando-as e gerando impulsos nervosos que, através do nervo coclear, são levados ao centro da audição no cérebro, onde são interpretados e transformados em sensações auditivas.

Além da audição, a orelha interna também atua na percepção dos movimentos que o corpo executa, bem como do equilíbrio corporal em relação ao centro de gravidade. A parte da orelha interna relacionada com essas funções é o vestíbulo.

O vestíbulo é formado pelas seguintes estruturas: sáculo, utrículo e canais semicirculares. O sáculo e o utrículo são duas vesículas cheias de endolinfa, em cujas paredes internas existem células sensoriais ciliadas. Os canais semicirculares são três tubos curvos, também cheios de endolinfa, que apresentam na base uma dilatação, chamada ampola, onde há um aglomerado de células sensoriais ciliadas, sobre as quais existe uma camada gelatinosa, contendo pequenos cristais de carbonato de cálcio, denominados otólitos ou estatocônios. As células sensoriais existentes no interior da orelha interna fazem conexão com o nervo vestibular que se dirige para o cerebelo. Quando o indivíduo movimenta a cabeça, a endolinfa se agita, fazendo com que os otólitos se choquem com o revestimento do vestíbulo, sensibilizando as células sensoriais aí existentes. Os impulsos gerados por essas células são, então, levados através do nervo vestibular para centros nervosos situados no cerebelo, o qual, ao recebê-los e interpretá-los, identifica a posição em que o indivíduo se encontra em relação ao centro de gravidade. Com essas informações, o cerebelo controla o nosso equilíbrio corporal. Em algumas situações, como na labirintite (inflamação da orelha interna), os estímulos não são percebidos e transmitidos ao cerebelo e, assim, a pessoa perde a noção do equilíbrio corporal.

Conforme vimos, o nosso aparelho auditivo tem função estatoacústica (manutenção do equilíbrio corporal e audição).

Olfato

Os receptores do nosso sentido do olfato são quimiorreceptores, representados por células sensoriais localizadas na mucosa olfativa ou epitélio olfativo, porção mais superior da mucosa nasal (mucosa pituitária). Os dendritos dessas células possuem pelos (pelos olfativos), que ficam mergulhados na camada de muco que recobre a mucosa nasal. Os axônios das células sensoriais olfativas comunicam-se com o bulbo olfativo, de onde parte o nervo olfativo, que faz conexão com o córtex cerebral.

Mecanismo do olfato *– As moléculas dispersas no ar, ao penetrarem nas nossas cavidades nasais, entram em contato com os pelos olfativos das células sensoriais, estimulando-as e gerando impulsos nervosos. Esses impulsos são conduzidos até os corpos celulares das células olfativas e, em seguida, passam para os axônios, chegando ao bulbo olfativo. Através do nervo olfativo, os impulsos são levados do bulbo olfativo até os centros nervosos específicos do córtex cerebral, onde, então, são interpretados e transformados em sensações de odor. Acredita-se que existam diferentes tipos básicos de células olfativas (receptores olfativos), cada uma para um tipo de odor. A sensação de odor será tanto mais intensa quanto maior for a quantidade de receptores estimulados, o que depende da concentração da substância odorífera no ar.*

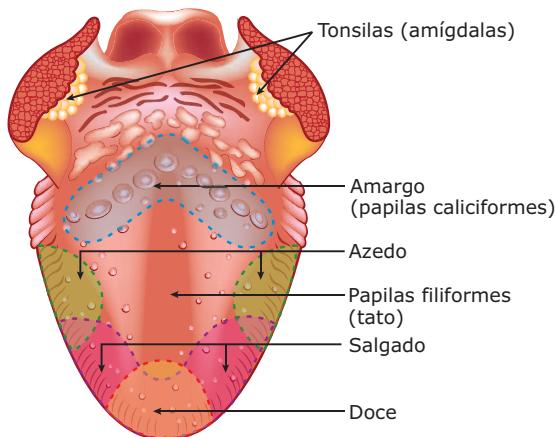
Gustação

Os receptores da gustação também são quimiorreceptores, denominados corpúsculos gustativos ou botões gustativos, e se localizam no interior de papilas linguais.

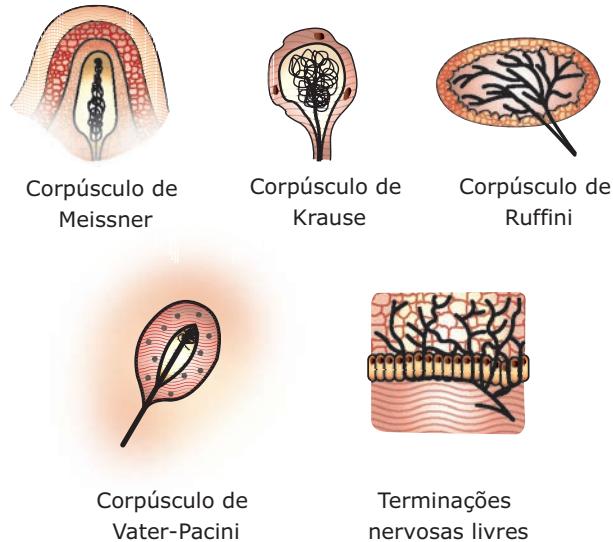
As papilas linguais são saliências da mucosa que revestem a língua e podem ser de três tipos: caliciformes, fungiformes e filiformes.

A) **Papilas caliciformes (valadas)** – São as maiores papilas linguais. Em número de seis a treze, localizam-se na face superior da base da língua e estão dispostas em forma de V, formando o chamado V-lingual.

B) **Papilas fungiformes** – Com morfologia semelhante à de fungos ou cogumelos, distribuem-se por toda a superfície superior e lateral da língua.

C) **Papilas filiformes** – Filamentosas e longas, são encontradas em toda a superfície da língua.

Papilas linguais *– As papilas caliciformes e fungiformes são classificadas como papilas gustativas, uma vez que nelas são encontrados os corpúsculos gustativos, estruturas formadas por células neuroepiteliais quimiorreceptoras, que fazem conexão*

com certos nervos cranianos (nervo glossofaríngeo, nervo facial). Cada papila gustativa apresenta uma pequena abertura, e o poro gustativo abriga inúmeros corpúsculos gustativos. Calcula-se que uma pessoa adulta possua cerca de 10 mil corpúsculos gustativos. As papilas filiformes da língua são classificadas como papilas táteis, uma vez que possuem filetes nervosos que se relacionam com a percepção tátil do alimento, isto é, se este é duro, pastoso, líquido, gelatinoso, frio ou quente.

Mecanismo da gustação

Ao serem colocadas sobre a língua, substâncias dissolvidas na saliva penetram nas papilas gustativas através dos poros gustativos, sensibilizando os corpúsculos gustativos e gerando impulsos nervosos. Esses impulsos são levados, através de nervos, a centros nervosos do córtex cerebral, onde são interpretados e transformados em sensações de sabor.

Os sabores resultam da combinação de quatro sensações gustativas fundamentais: azedo (ácido), doce, salgado e amargo. Na língua, existem regiões de percepção mais acentuada para cada um desses quatro sabores fundamentais. Assim, temos: a ponta da língua possui uma percepção mais acentuada ao doce; a maior percepção para o salgado está nas bordas laterais e anteriores da língua; a percepção mais acentuada para o ácido corresponde aos bordos laterais e posteriores da língua; a base da língua tem maior percepção ao amargo.

Tato

O tato é o sentido que nos permite perceber sensações de dor, calor (quente e frio), pressão, etc. Os receptores táteis são encontrados nas vísceras, músculos, ossos e pele. Conforme tenham ou não membranas de tecido conjuntivo envolvendo suas terminações nervosas, os receptores táteis podem ser classificados em encapsulados ou livres (não capsulados).

Corpúsculo de Meissner

Corpúsculo de Krause

Corpúsculo de Ruffini

Corpúsculo de Vater-Pacini

Terminações nervosas livres

Receptores táteis *– Os corpúsculos de Meissner, Ruffini, Krause e Vater-Pacini são receptores relacionados com as sensações de tato e pressão. Portanto, são mecanorreceptores. Os corpúsculos de Meissner são frequentes na derme da palma da mão e da planta dos pés. Os cegos utilizam-se constantemente desses receptores para tatear os relevos dos objetos. Os corpúsculos de Krause e Ruffini são frequentes na pele, nas mucosas da boca e órgãos genitais. Esses dois tipos de corpúsculos são muito semelhantes, sendo os de Ruffini mais achatados. Estudos recentes demonstraram que esses corpúsculos, aos quais se atribuía a percepção da variação de temperatura (frio e quente), também são responsáveis por sensações de tato e pressão. Os corpúsculos de Vater-Pacini são os mecanorreceptores mais bem estudados, sendo encontrados nas camadas profundas da pele e no tecido conjuntivo em geral, incluindo o das vísceras. As terminações nervosas livres, ou seja, não encapsuladas, são as responsáveis pela sensação de dor, frio e calor.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Objetivo-SP) Considere os seguintes elementos do sistema nervoso:

I. Encéfalo
II. Medula
III. Nervos cranianos
IV. Nervos raquidianos

O sistema nervoso central (SNC) é constituído por

A) II e III.
B) III e IV.
C) I e II.
D) I e III.
E) II e IV.

02. (Mackenzie-SP) Em alguns acidentes em provas automobilísticas, tem-se dado como causa de lesões sérias ou morte do piloto a desaceleração violenta sofrida pelo encéfalo, mesmo que não haja fratura da caixa craniana. Porém, há um mecanismo de proteção do encéfalo, responsável por absorver os choques mecânicos, exercido

A) pelas meninges.
B) pelo líquido cefalorraquidiano.
C) somente pela aracnoide.
D) tanto pela aracnoide como pela dura-máter.
E) somente pela dura-máter.

03. (PUC Minas) O sistema nervoso central é dividido anatomicamente em regiões. Lesões em diferentes partes desse sistema podem acarretar diferentes distúrbios neurofuncionais. Entre as alternativas a seguir, assinale aquela que apresenta uma relação **INCORRETA** entre a região lesada e a perda funcional.

	Região lesada	Função perdida
A)	Córtex cerebral	Visão
B)	Hipotálamo	Controle da digestão
C)	Cerebelo	Equilíbrio
D)	Bulbo	Controle involuntário do ritmo respiratório

04. (FCMMG) Em 1928, Luigi Freddi chegou ao Brasil para assumir a direção de um dos jornais italianos aqui publicados e em seu primeiro editorial assim escreveu: *Iniciamos nosso trabalho, gostaríamos de achar palavras dignas para saudar os homens de nossa raça, os filhos de nossa terra, aqueles que atravessaram o oceano há tantos anos, guardando na pupila a última e inesquecível visão da Mãe-Pátria [...]*

Angelo Trento. *Do outro lado do Atlântico*, p. 326.

Se levarmos em consideração apenas a anatomia do globo ocular, notamos que as células fotossensíveis não estão na pupila e, sim, no(a)

A) córnea.
B) retina.
C) cristalino.
D) esclerótica.

05. (UFMG) Ao se compararem os elementos envolvidos na trajetória do som no ouvido humano e em um aparelho de sonoplastia, podem ser feitas correlações diversas.

Assinale a alternativa que apresenta uma correlação **INCORRETA**.

A) Amplificador / Cóclea do ouvido interno.
B) Cabo de conexão do amplificador à caixa de som / Nervo coclear.
C) Cabo de conexão do microfone ao amplificador / Ossículos do ouvido médio.
D) Caixa de som / Cerebelo.
E) Microfone / Ouvido externo e tímpano.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFV-MG) O sistema nervoso dos vertebrados é dividido anatomicamente em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). Tendo por base essa informação, indique a alternativa **CORRETA**.

A) O SNP é formado pela medula espinhal e pelos nervos.
B) O SNC é constituído pelo cérebro e pelos gânglios.
C) Há neurônios que contêm parte no SNC e no SNP.
D) Os neurônios estão restritos ao SNC, e os nervos, ao SNP.
E) A medula espinhal não contém neurônios, apenas fibras nervosas.

02. (PUC RS–2010) Com a intenção de avaliar o efeito dos neurotransmissores na contração muscular, uma pesquisa foi realizada fixando-se a extremidade de uma fatia de músculo cardíaco a um medidor de força. Sobre essa fatia de músculo, o biólogo pingou gotas de cinco diferentes neurotransmissores, uma por vez. O medidor de força mostrou que houve contração após as células musculares terem sido banhadas em

A) noradrenalina.
B) acetilcolina.
C) serotonina.
D) glicina.
E) glutamato.

03. (UFMG) Lesão no cerebelo de um animal afetará, principalmente, sua capacidade de

A) absorver alimentos.
B) coordenar movimentos.
C) emitir sons.
D) perceber imagens.
E) perceber odores.

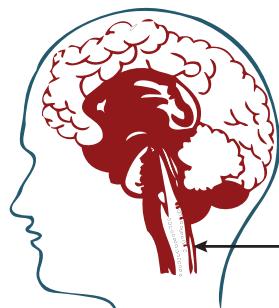
04. (PUC Minas) Entre as afirmativas a seguir, a única **ERRADA** é:

A) O centro respiratório está situado na ponte.
B) Os sistemas simpático e parassimpático exercem ações antagônicas.
C) Uma lesão no cerebelo pode interferir no controle do equilíbrio.
D) Participam de um arco reflexo: receptor, via aferente, centro, via eferente e efetuador.
E) A substância cinzenta da medula é formada, principalmente, de corpos celulares.

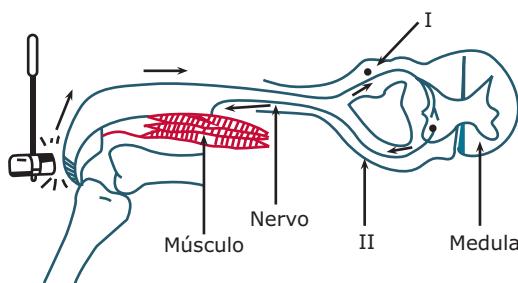
05. (FUVEST-SP) Em acidentes em que há suspeita de comprometimento da coluna vertebral, a vítima deve ser cuidadosamente transportada ao hospital em posição deitada e, de preferência, imobilizada. Esse procedimento visa a preservar a integridade da coluna, pois em seu interior passa

A) o ramo descendente da aorta, cuja lesão pode ocasionar hemorragia.
B) a medula óssea, cuja lesão pode levar à leucemia.
C) a medula espinhal, cuja lesão pode levar à paralisia.
D) o conjunto de nervos cranianos, cuja lesão pode levar à paralisia.
E) a medula óssea, cuja lesão pode levar à paralisia.

06. (PUC-SP–2010)

NIQUEL NAUSEA - Fernando Gonsales

FOLHA DE S. PAULO. 04 de ago. 2009.

O que é mostrado na tira, de forma espirituosa, é conhecido em humanos por reflexo patelar, sendo testado por um médico ao bater com um martelo no joelho de uma pessoa. Esse reflexo envolve

A) um neurônio sensitivo que leva o impulso até a medula espinhal, onde se conecta com um neurônio motor, que conduz o impulso até o órgão efetuador.
B) vários neurônios sensitivos, que levam o impulso até a medula espinhal, onde fazem conexão com inúmeros neurônios, que levam o impulso até o órgão efetuador.
C) um neurônio sensitivo, que leva o impulso até o lobo frontal do cérebro, onde faz conexão com o um neurônio motor, que conduz o impulso até o órgão efetuador.
D) um neurônio sensitivo, vários neurônios medulares e um neurônio motor localizado no lobo frontal do cérebro.
E) vários neurônios sensitivos localizados na medula espinhal, onde se conectam com neurônios motores, que levam o impulso nervoso ao cérebro e, posteriormente, até o órgão efetuador.

07. (UFMG) A seguir você encontra a representação de órgãos do sistema nervoso central.

Um homem que sofreu uma secção no sistema nervoso, no ponto indicado pela seta, poderá teoricamente realizar todos os atos seguintes, **EXCETO**

A) lembrar-se do nome de um amigo.
B) retirar a mão, se espetada por um alfinete.
C) resolver mentalmente um problema matemático.
D) sentir o perfume de uma flor.
E) fazer um trabalho manual qualquer.

08. (PUC-Campinas-SP) A figura a seguir esquematiza o ato reflexo patelar.

Observando o percurso dos estímulos assinalados pelas setas, pode-se afirmar que I e II representam, respectivamente, fibras

A) sensitivas e motoras de um nervo craniano.
B) motoras e sensitivas de um nervo craniano.
C) sensitivas e motoras de um nervo raquidiano.
D) motoras e sensitivas de um nervo raquidiano.
E) sensitivas e motoras de um nervo parassimpático.

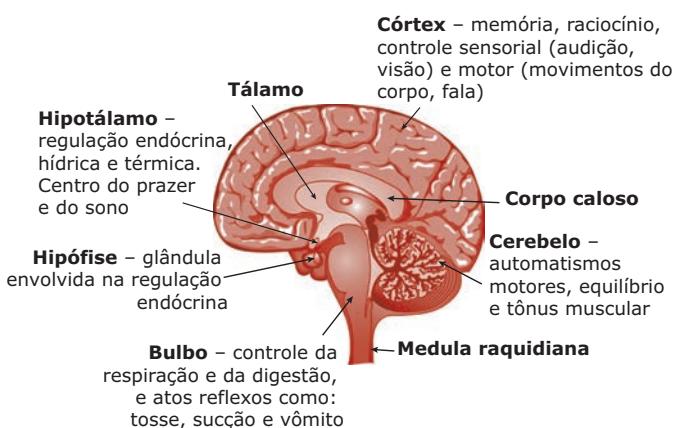
09. (PUC Minas) Arteriosclerose, hipertensão arterial e variações na espessura de artérias podem acarretar a formação de aneurismas e a ocorrência de derrames cerebrais, provocando lesões em várias regiões do encéfalo. Lesões no córtex cerebral podem produzir as seguintes perdas funcionais, **EXCETO**

A) da visão.
B) do reflexo da tosse.
C) do controle motor.
D) de memória.

10. (UFU-MG) Com relação ao olho humano, assinale a alternativa **CORRETA**.

A) A retina garante a alimentação dos tecidos dos olhos humanos e é pigmentada, formando a câmara escura, que funciona como uma máquina fotográfica.
B) A coroide é a parte fibrosa de sustentação do olho humano. Mantendo os olhos abertos, a coroide representa a parte pigmentada do olho.
C) A córnea é o primeiro meio de refração do feixe luminoso que incide no olho. O cristalino é a lente responsável por uma espécie de "ajuste focal" que torna possível a visão nítida da imagem.
D) A íris é rica em cones e bastonetes, células sensíveis do olho humano, que são as principais pigmentações referentes ao desenvolvimento ocular.

11. (OSEC-SP) No quadro a seguir, são fornecidos os efeitos das ações do sistema parassimpático e simpático sobre a pupila e a secreção gastrointestinal.

	Pupila	Secreção gastrointestinal
Parassimpático	contrai	estimula
Simpático	dilata	inibe

Se um indivíduo I for tratado com a droga A e o indivíduo II, com a droga B, e sabendo-se que A e B são adrenérgica e colinérgica, respectivamente, qual das reações a seguir indicadas devemos esperar que ocorra com esses indivíduos?

	Pupila	Secreção gastrointestinal
A)	I contrai, II dilata	I inibe, II estimula
B)	I contrai, II dilata	I estimula, II inibe
C)	I dilata, II contrai	I inibe, II estimula
D)	I dilata, II contrai	I estimula, II inibe
E)	I contrai, II contrai	I estimula, II inibe

12. (PUCPR) A sensação de dor que se percebe ao sofrer uma picada de agulha na pele tem a sua razão de ser na existência de

A) terminações nervosas livres na estrutura da pele.
B) corpúsculos de Meissner, que se encontram profundamente na hipoderme.
C) corpúsculos de Krause, que são numerosos na estrutura da pele.
D) corpúsculos de Vater-Pacini, que são minúsculos e superficiais.
E) corpúsculos de Ruffini, que são muito sensíveis aos estímulos mecânicos.

BIOLOGIA

13. (PUC Minas) Algumas regiões do SNC estão indicadas, bem como algumas de suas funções.

Com auxílio da figura anterior, assinale a alternativa **INCORRETA.**

A) O cerebelo age somente sobre o sistema nervoso autônomo.
B) O hipotálamo controla a função de várias glândulas através da hipófise.
C) Lesões no córtex podem afetar tanto a interpretação de informações sensoriais como também algumas das respostas voluntárias.
D) Centros nervosos do bulbo podem afetar o ritmo ventilatório e as trocas gasosas.
E) Algumas funções do sistema nervoso simpático e parassimpático podem ser afetadas por lesão na medula raquidiana.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2003) Os acidentes de trânsito, no Brasil, em sua maior parte são causados por erro do motorista. Em boa parte deles, o motivo é o fato de dirigir após o consumo de bebidas alcoólicas. A ingestão de uma lata de cerveja provoca uma concentração de aproximadamente 0,3 g/L de álcool no sangue.

Concentração de álcool no sangue (g/L)	Efeitos
0,1 – 0,5	Sem influência aparente, ainda que com alterações clínicas.
0,3 – 1,2	Euforia suave, sociabilidade acentuada e queda da atenção.
0,9 – 2,5	Excitação, perda de julgamento crítico, queda da sensibilidade e das reações motoras.
1,8 – 3,0	Confusão mental e perda da coordenação motora.
2,7 – 4,0	Estupor, apatia, vômitos e desequilíbrio ao andar.
3,5 – 5,0	Coma e morte possível.

Revista Pesquisa FAPESP, n. 57, 2000.

Uma pessoa que tenha tomado três latas de cerveja provavelmente apresenta

A) queda de atenção, de sensibilidade e das reações motoras.
B) aparente normalidade, mas com alterações clínicas.
C) confusão mental e falta de coordenação motora.
D) disfunção digestiva e desequilíbrio ao andar.
E) estupor e risco de parada respiratória.

02. (Enem-2009) Para que todos os órgãos do corpo funcionem em boas condições, é necessário que a temperatura do corpo fique sempre entre 36 ºC e 37 ºC. Para manter-se dentro dessa faixa, em dias de muito calor ou durante intensos exercícios físicos, uma série de mecanismos fisiológicos é acionada.

Pode-se citar como principal responsável pela manutenção da temperatura corporal humana o sistema

A) digestório, pois produz enzimas que atuam na quebra de alimentos calóricos.
B) imunológico, pois suas células agem no sangue, diminuindo a condução de calor.
C) nervoso, pois promove a sudorese, que permite perda de calor por meio da evaporação da água.
D) reprodutor, pois secreta hormônios que alteram a temperatura, principalmente durante a menopausa.
E) endócrino, pois fabrica anticorpos que, por sua vez, atuam na variação do diâmetro dos vasos periféricos.

GABARITO

Fixação

01. C
02. B
03. B
04. B
05. D

Propostos

01. C
02. A
03. B
04. A
05. C
06. A
07. E
08. C
09. B
10. C
11. C
12. A
13. A

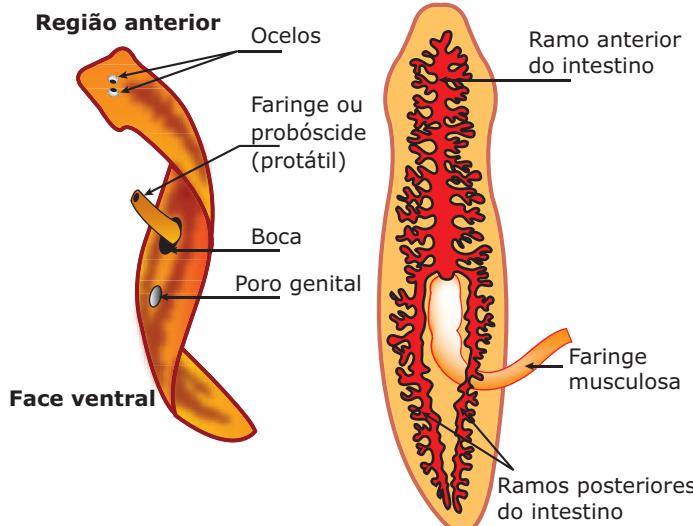
Seção Enem

01. A
02. C

BIOLOGIA

Platelmintos

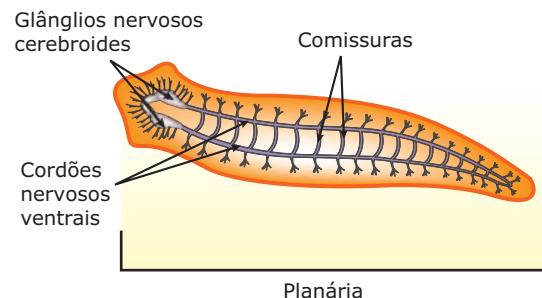
MÓDULO 09 FRENTE C

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os platelmintos (do grego *platys*, chato, e *helminthes*, verme) são metazoários bilatérios, triblásticos e acelomados. Nesses animais, temos a primeira ocorrência evolutiva de um verdadeiro mesoderma embrionário. Esses são também os primeiros na escala zoológica a apresentar simetria bilateral (animais bilatérios).

Podem ser de vida livre ou parasitas. As espécies de vida livre são encontradas na água (doce e salgada) ou em solos úmidos. Entre as espécies parasitas, muitas causam doenças graves ao homem e a outros animais.

O tamanho desses organismos pode variar de alguns milímetros até vários metros, e o corpo é achatado dorso-ventralmente. Por isso, são também conhecidos por vermes achatados. O corpo pode ter aspecto laminar, foliáceo (em forma de folha) ou ainda de uma longa fita.

Constituem o primeiro grande filo a apresentar cefalização, isto é, uma das partes do corpo diferenciada em cabeça.

O sistema digestório é ausente nos cestódeos (tênias ou solitárias), enquanto nos demais platelmintos é formado por um tubo digestório incompleto, constituído por boca, faringe e intestino ramificado.

Tubo digestório da planária *– Esses animais possuem boca, através da qual uma faringe musculosa pode ser protraída, isto é, projetada para fora, para pegar alimento.*

Quanto à respiração, existem espécies anaeróbias, como os endoparasitas intestinais, e espécies aeróbias, que fazem a respiração cutânea direta.

O sistema circulatório é ausente, sendo que a distribuição de substâncias pelo corpo do animal se faz por difusão célula a célula.

A excreção é feita pelas células-flama (solenócitos, protonefrídios). Os platelmintos formam o primeiro grande filo com sistema excretor. Tal sistema é constituído pelas células-flama, ductos (canais excretores) e pelos poros excretores que se abrem na superfície do corpo do animal.

O sistema nervoso é ganglionar, apresentando dois gânglios cerebroides ou cerebrais, localizados na cabeça, de onde saem cordões nervosos longitudinais de localização ventral.

Sistema nervoso ganglionar da planária *– Os cordões nervosos estão conectados um com o outro através de feixes nervosos transversais denominados comissuras. Os gânglios nervosos são regiões onde se concentram corpos celulares de diversas células nervosas.*

Quanto ao sexo, existem espécies monoicas (hermafroditas), como é o caso das tênias (solitárias) e das planárias, e espécies dioicas (*Schistosoma mansoni*, por exemplo).

A reprodução normalmente é sexuada, embora possa ocorrer também processo assexuado em algumas espécies.

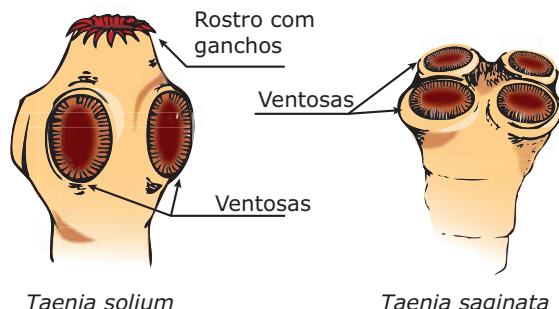
A reprodução sexuada realiza-se por fecundação interna e pode ser por autofecundação, como nas tênias, ou por fecundação cruzada, como acontece nas planárias e nos esquistossomos.

O desenvolvimento pode ser direto, como nas planárias, ou indireto (com fases de larvas). Nas tênias, as larvas são conhecidas por cisticercos; no *Schistosoma mansoni*, existem diferentes estágios larvais (miracídios, cercárias).

Em algumas espécies, como nas planárias, também ocorre reprodução assexuada por divisão transversal do corpo. Essa reprodução é possível graças à alta capacidade de regeneração que esses animais possuem.

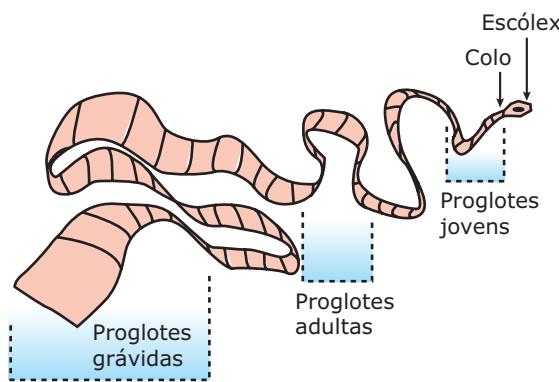
Nos trematódeos também ocorre um caso especial de reprodução chamado de pedogênese, que consiste numa partenogênese na fase de larva. Na pedogênese, uma fêmea ainda imatura, isto é, na fase de larva, forma óvulos que se desenvolvem partenogeneticamente, originando novas larvas.

O filo dos platelmintos está subdividido em três classes: Turbellaria (turbelários), Trematoda (trematódeos) e Cestoda (cestódeos).

Platelmintos

Classe Turbellaria	Classes Trematoda	Classe Cestoda
Vida livre; epiderme ciliada; sistema digestório incompleto. Exemplo: *Dugesia tigrina* (planária).	Parasitas; epiderme com cutícula protetora; sistema digestório incompleto. Exemplo: *Schistosoma mansoni* e *Fasciola hepatica.*	Parasitas; epiderme com cutícula protetora; sistema digestório ausente. Exemplo: *Taenia solium*, *Taenia saginata* e *Echinococcus granulosus.*

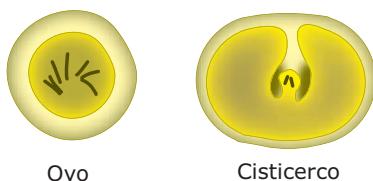
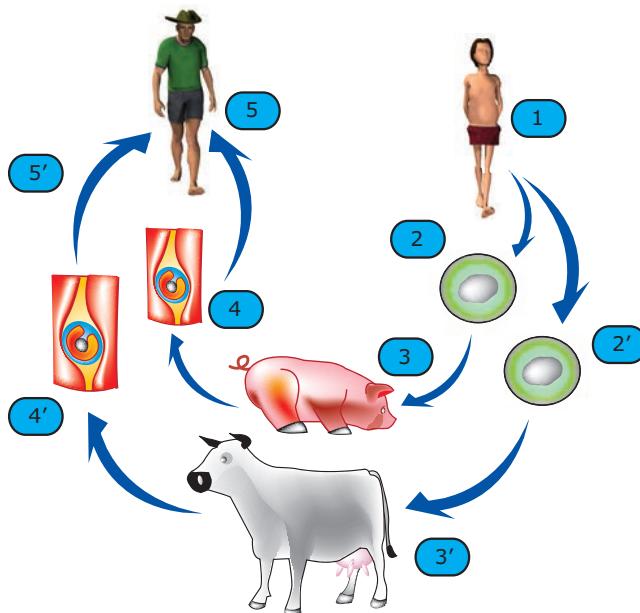
PRINCIPAIS PLATELMINTOS PARASITAS DO HOMEM

Taenia solium e Taenia saginata

As tênias ou solitárias são platelmintos da classe Cestoda (cestódeos) que parasitam o intestino delgado do homem. As tênias adultas têm um aspecto morfológico semelhante a uma fita e chegam a ter, em média, de 2 a 3 metros de comprimento dividido em três partes: escólex, colo e estróbilo.

- **Escólex (cabeça)** – É o órgão de fixação do parasita na mucosa intestinal. A *T. solium* tem um escólex globoso dotado de quatro ventosas e um círculo de ganchos ou acúleos no centro, denominado rostro. A *T. saginata*, por sua vez, possui um escólex quadrangular dotado de quatro ventosas e não apresenta rostro.

Taenia solium *Taenia saginata*

- **Colo (pescoço)** – Parte da tênia que vem imediatamente após o escólex. Suas células estão em constante atividade reprodutiva (mitoses), dando origem aos anéis ou proglotes jovens. É, portanto, a zona de formação das proglotes.
- **Estróbilo** – É o corpo propriamente dito do parasita, formado pela união de vários anéis ou proglotes (proglótides). A *T. solium* tem cerca de 900 proglotes, e a *T. saginata*, até 2 000. Cada proglote tem sua individualidade alimentar e reprodutiva. O tegumento que recobre essas proglotes possui pequenas elevações, denominadas microtríquias, que têm a função de absorver os nutrientes já prontos para serem utilizados, originários da digestão dos alimentos feita pelo hospedeiro (homem). Lembre-se de que nas tênias o tubo digestório é ausente.

  As proglotes são divididas em três categorias: jovens, maduras e grávidas.

***Proglotes** – As proglotes jovens são as recém-formados a partir do colo e ainda não possuem os órgãos reprodutores totalmente formados. As proglotes maduras são aquelas que já possuem os órgãos reprodutores (testículos, ovários) desenvolvidos e, portanto, já estão aptos para a fecundação. As proglotes grávidas, localizadas na extremidade final do estróbilo, apresentam um útero ramificado e cheio de ovos (óvulos fecundados).*

As proglotes grávidas, cada uma contendo de 30 000 a 80 000 ovos, desprendem-se constantemente do estróbilo. Essa liberação das proglotes chama-se apólise. Após a apólise, o colo produz novas proglotes, mantendo assim o número desses anéis praticamente constante.

Os ovos das tênias são esféricos e possuem uma membrana protetora espessa chamada embrióforo. No interior do ovo, encontramos o embrião hexacanto (oncosfera), que possui seis ganchos nítidos.

Quando ingeridos por um hospedeiro, os ovos se desenvolvem e originam larvas denominadas cisticercos (popularmente conhecidas em algumas regiões por "canjiquinhas" ou "pipocas").

Os ovos da T. solium *e da* T. saginata *são iguais, indistinguíveis um do outro. Os cisticercos medem pouco mais de 1 cm: os de* T. solium *são denominados* Cysticercus cellulosae *e os de* T. saginata*,* Cysticercus bovis*.*

***Ciclo das Tênias** – **1**. Homem portador de* Taenia solium *adulta elimina proglotes grávidas, isto é, contendo ovos do verme. **2**. Ovos no meio exterior contaminando o ambiente; **3**. Suíno ingere ovos de* T. solium*. **4**. No organismo do suíno, os ovos dão origem aos cisticercos (larvas do verme), que se alojam nos músculos (carne) do porco. **5**. O homem ingere carne de porco crua ou malcozida com cisticercos que, no intestino delgado humano, originam o verme adulto. Cerca de três meses após a infecção, o homem começará a eliminar os proglotes grávidos. A* Taenia saginata *apresenta ciclo semelhante (1, 2', 3', 4' e 5'), tendo, entretanto, o bovino (3') como hospedeiro intermediário.*

As tênias são parasitas heteroxenos que completam seu ciclo evolutivo em dois hospedeiros, sendo ambos vertebrados. Os hospedeiros da *T. solium* são o homem e o porco, enquanto os da *T. saginata* são o homem e o boi.

O homem com teníase, isto é, parasitado pelo verme adulto, elimina proglotes grávidas (cheios de ovos) para o meio exterior. Às vezes, as proglotes podem se romper dentro do intestino do homem, liberando ovos que são, então, eliminados junto às fezes. Um hospedeiro intermediário (suíno, no caso da *T. solium*, e bovino, no caso da *T. saginata*) ingere os ovos. No intestino delgado desses animais, ocorre a eclosão dos ovos, liberando as oncosferas (embriões) que, atravessando as paredes do intestino, alcançam a circulação sanguínea e, por meio desta, chegam à musculatura dos animais, onde se instalam. No tecido muscular, cada oncosfera transforma-se em um pequeno cisticerco (larva), que não evolui para verme adulto, permanecendo viável (vivo) por alguns meses.

O homem, ingerindo carne de porco ou de boi crua ou malcozida, contaminada com os cisticercos, adquire a tênia adulta (teníase). Os cisticercos ingeridos pelo homem, ao chegarem ao duodeno (1ª porção do intestino delgado), estimulados pela bile, desenvaginam-se, aderem ao escólex na mucosa intestinal e começam a se desenvolver, dando origem a vermes adultos. Cerca de três meses após a ingestão dos cisticercos, inicia-se a eliminação de proglotes grávidas. Uma *T. solium* adulta chega a viver cerca de 3 anos e uma *T. saginata*, até 10 anos.

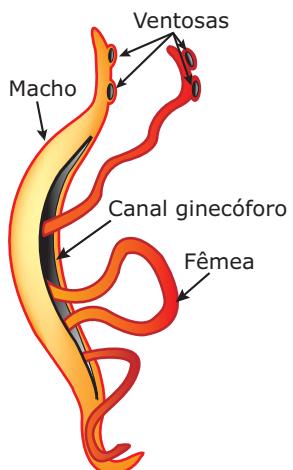
Apesar de ser a tênia popularmente conhecida como "solitária", indicando que o hospedeiro alberga apenas um parasita, algumas pessoas podem possuir mais de uma tênia da mesma espécie ou das duas espécies. Muitas vezes, a teníase é uma doença assintomática, e a pessoa sabe que está sendo parasitada pela eliminação das proglotes. Em certos casos, entretanto, a doença pode causar dor abdominal, diarreia, vômitos e manifestações alérgicas.

Quando o homem ingere ovos de *T. solium*, no seu organismo, os ovos darão origem aos cisticercos (larvas), que podem se instalar no tecido muscular, no tecido nervoso, no globo ocular, etc. Nesse caso, fala-se que o indivíduo tem uma cisticercose. A cisticercose humana é responsável por lesões graves no organismo. Os cisticercos podem causar, nos órgãos em que se instalam, reações inflamatórias seguidas de calcificação. Quando tais focos inflamatórios ocorrem nas válvulas cardíacas ou em órgãos do sistema nevoso central, podem causar distúrbios funcionais graves; esses distúrbios ocorrem não só pelo processo inflamatório ou calcificação, mas também pela destruição do tecido circunjacente ao cisticerco.

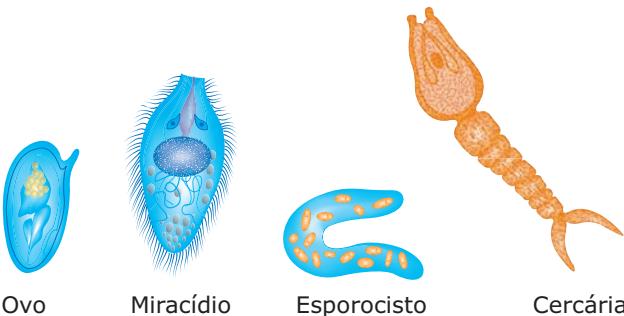
Uma das formas mais graves de cisticercose humana é a neurocisticercose ou cisticercose cerebral, que causa mal-estar, dor de cabeça contínua, dificuldades locomotoras, convulsões semelhantes às da epilepsia e até demência (loucura). No olho, a cisticercose pode destruir a retina, provocando cegueira parcial ou total.

Todos os casos de cisticercose humana até agora diagnosticados se deram por ingestão de ovos de *T. solium*. Ainda não foi comprovada a cisticercose humana pela ingestão de ovos de *T. saginata*.

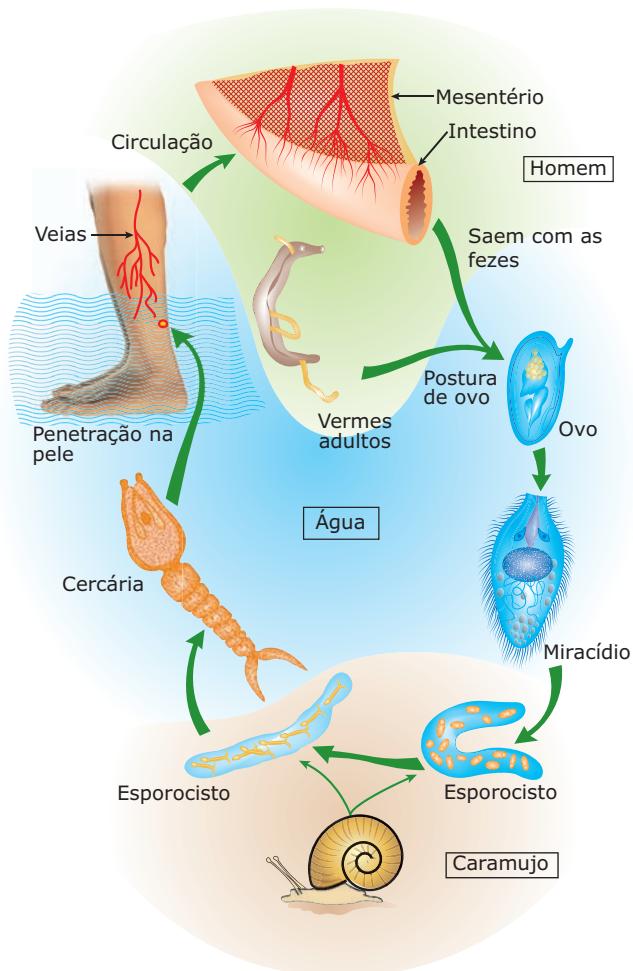
Conforme vimos, as tênias podem causar duas doenças distintas no homem: teníase e cisticercose.

A teníase consiste na infecção pelos vermes adultos e é adquirida (transmissão) quando o homem ingere os cisticercos (larvas do verme) presentes em carnes cruas ou malcozidas de suínos e bovinos; já a cisticercose consiste na infecção pelos cisticercos (larvas) e é adquirida quando o homem ingere ovos do verme.

O diagnóstico da teníase é feito através dos exames de fezes; já o diagnóstico da cisticercose depende da localização e da sintomatologia. Quando ocorre calcificação do cisticerco, o raio-x pode dar uma orientação diagnóstica.

As medidas de profilaxia da teníase consistem em: tratamento dos doentes; educação sanitária; engenharia sanitária (defecação em sanitários com rede de esgoto bem construída ou fossas); inspeção feita por profissionais qualificados nos matadouros dos animais abatidos, eliminando-se aqueles cujas carnes estejam contaminadas com os cisticercos; melhoria das condições criatórias, principalmente dos suínos, substituindo-se a criação extensiva (animais criados soltos) por pocilgas bem construídas; evitar a ingestão de carne crua ou malcozida.

Para a profilaxia da cisticercose, são válidas também a maioria das medidas vistas para a teníase, bem como medidas de higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações, manter as unhas sempre bem aparadas) e os cuidados com os alimentos, especialmente frutas e verduras que são ingeridas cruas (lavar bem esses alimentos em água tratada e corrente, antes de ingeri-los).

Schistosoma mansoni

Pertencente à classe Trematoda (trematódeo), é o agente etiológico (agente causador) da esquistossomose, doença também conhecida por "xistose", "barriga-d'água" ou ainda "mal do caramujo".

Schistosoma mansoni – *O* S. mansoni *é uma espécie dioica. Os vermes adultos são encontrados no hospedeiro vertebrado (homem), mais especificamente no interior dos vasos sanguíneos do sistema porta-hepático (veias do intestino, fígado e baço). O macho mede cerca de 1,0 cm e possui no seu corpo um canal, o canal ginecóforo, onde, durante o acasalamento, se aloja a fêmea, que é maior (cerca de 1,5 cm) e mais fina do que o macho. Machos e fêmeas têm duas ventosas (órgãos de fixação), situadas na região ventral anterior do corpo. Após o acasalamento e a fecundação, as fêmeas fazem a postura dos ovos em vasos sanguíneos bem próximos à luz intestinal. Uma fêmea chega a colocar cerca de 400 ovos por dia e vive, em média, 5 anos. Alguns casais de* S. mansoni*, entretanto, podem viver até 20-30 anos, tendo eliminado poucos ovos.*

***Ovos e larvas do* S. mansoni** – *Os ovos do* S. mansoni *são bastante característicos devido à presença de uma espícula lateral. Quando maduros, esses ovos possuem em seu interior uma larva ciliada, o miracídio. Quando ovos maduros do* S. mansoni *caem em meio aquoso (água doce), eles eclodem e liberam os miracídios. Os miracídios são as formas infectantes do* S. mansoni *para os hospedeiros invertebrados, que são caramujos do gênero* Biomphalaria*. Ao penetrar nesses caramujos, os miracídios perdem os cílios e transformam-se em esporocistos (larvas) que, por reprodução assexuada, dão origem às cercárias (larvas). As cercárias possuem uma cauda que termina numa bifurcação, por isso, são chamadas também de furcocercárias. A partir de cada miracídio que penetra no caramujo, são formadas até 100 000 cercárias que abandonam o corpo do molusco e caem na água. As cercárias são as formas infectantes do* S. mansoni *para o hospedeiro vertebrado (homem). Ao penetrarem no homem, através da pele ou mucosas, as cercárias perdem a cauda e passam a ser denominadas de esquistossômulos. Através da circulação sanguínea, os esquistossômulos chegam ao sistema porta-hepático, no qual evoluem para vermes adultos.*

O *S. mansoni* é mais um exemplo de parasita heteroxeno que completa o seu ciclo evolutivo em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado. O hospedeiro vertebrado pode ser o homem e outros animais (roedores, gambás, primatas e outros); já o hospedeiro invertebrado é um caramujo do gênero *Biomphalaria*. Esses caramujos são moluscos pulmonados, aquáticos, vegetarianos, hermafroditas pertencentes à classe Gastropoda (moluscos gastrópodes) e à família Planorbidae (planorbídeos).

As principais espécies do gênero *Biomphalaria*, comprovadamente transmissoras do *S. mansoni* no Brasil, são: *Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria straminea* e *Biomphalaria tenagophila*. Esses caramujos são encontrados em grandes variedades de coleções de água doce, paradas ou pouco correntes, tais como lagoas, cisternas, pântanos, riachos, canais de irrigação, etc.

***O ciclo evolutivo do* S. mansoni** – *Os vermes adultos vivem no sistema porta-hepático do homem e de alguns outros animais (roedores, macacos, gambás, etc.), em que se reproduzem sexuadamente por fecundação. Após o acasalamento, a fêmea migra para as finas veias da parede intestinal do homem (veia mesentérica inferior), onde inicia a oviposição (postura dos ovos). Alguns desses ovos podem alcançar a luz intestinal devido à pressão com que são postos e à perfuração da parede dos vasos sanguíneos feita pelos espículos laterais que possuem. Os ovos que chegam à luz intestinal serão eliminados para o meio externo juntamente com as fezes. No meio externo, os ovos que caem na água doce eclodem e liberam os miracídios que começam a nadar ativamente até encontrar um caramujo* Biomphalaria. *Penetrando no caramujo, os miracídios transformam-se em esporocistos e, a partir destes, são formadas as cercárias, que abandonam o corpo do molusco e caem na água, onde permanecem vivas por cerca de 3 dias. A eliminação das cercárias do corpo do caramujo ocorre nas horas mais quentes e mais luminosas do dia, principalmente entre 10 e 16 horas. Ao entrarem em contato com a pele do homem, as cercárias a atravessam ativamente e caem na corrente sanguínea. Essa penetração ativa das cercárias dura cerca de 15 minutos e ocorre devido a uma ação lítica de enzimas produzidas por glândulas de penetração existentes nessas larvas e a uma ação mecânica (movimentos vibratórios intensos). A penetração das cercárias através da pele humana pode causar uma irritação local com coceira, chamada de dermatite cercariana. Por isso, em algumas regiões, as lagoas infestadas por cercárias são conhecidas por "lagoas de coceira". Após a penetração da cabeça, as cercárias perdem a cauda, transformando-se em esquistossômulos, que caem na corrente sanguínea e chegam ao sistema porta-hepático, ali evoluindo para vermes adultos. Os vermes adultos aparecem no sistema porta-hepático cerca de 30 dias após a penetração das cercárias. Do sistema porta-hepático, as fêmeas migram para a veia mesentérica inferior, onde fazem a oviposição. Os primeiros ovos poderão ser vistos nas fezes do indivíduo parasitado cerca de 40 dias após a contaminação.*

OBSERVAÇÃO

As cercárias (formas infectantes do *S. mansoni* para o homem) também são capazes de penetrar pelas mucosas, como a mucosa bucal. As cercárias que são ingeridas com água e que chegam ao estômago são destruídas pela ação do suco gástrico, mas as que conseguem penetrar pela mucosa bucal se desenvolvem normalmente.

Pelo que acabamos de ver, a transmissão da esquistossomose ao homem se faz pela penetração ativa das cercárias através da pele e das mucosas.

A esquistossomose tem uma fase aguda ou inicial com mal-estar, cansaço, problemas gastrointestinais e dor de cabeça. Segue-se uma fase intestinal com graves distúrbios digestivos (fezes mucossanguinolentas e cólicas). Em uma fase mais avançada, fase crônica da doença, surgem sérios problemas viscerais como hepatoesplenomegalia, isto é, grande inflamação com aumento do volume do fígado (hepatomegalia) e do baço (esplenomegalia), além da típica ascite ("barriga-d'água"), que deixa o abdome muito volumoso.

A profilaxia da esquistossomose consiste em: tratamento dos doentes; educação e engenharia sanitária (uso de sanitários ou fossas, construção de rede de esgotos, estação de tratamento dos esgotos, estação de tratamento da água destinada ao consumo da população, etc.); evitar banhar-se ou nadar em águas desconhecidas; combate aos caramujos transmissores através de métodos químicos (uso de moluscocidas) e biológicos (controle biológico com o uso de predadores ou competidores).

As espécies do gênero *Schistosoma* chegaram às Américas durante o tráfico de escravos e com os imigrantes orientais e asiáticos (nesses imigrantes foram detectados numerosos indivíduos parasitados pelo *Schistosoma japonicum* e *Schistosoma haematobium*). Entretanto, apenas o *S. mansoni*, que veio junto aos escravos de origem africana, aqui se fixou, seguramente pelo encontro de bons hospedeiros intermediários e condições ambientais semelhantes às da região de origem.

LEITURA COMPLEMENTAR

Anemia botricefálica

O *Dyphyllobothrium latum* é um cestódeo parasita do intestino delgado do homem que, na fase adulta, chega a medir de 8 a 10 metros, com até 4 mil proglotes. Sua incidência é maior no Norte da Europa, Rússia, Japão, Filipinas, parte dos Estados Unidos e Sul do Chile, países onde existe o hábito de comer carne de peixe crua.

Os ovos do verme adulto saem nas fezes dos indivíduos parasitados. No meio externo, encontrando condições favoráveis, forma-se no interior dos ovos uma larva ciliada, o coracídio. Quando esses ovos maduros chegam até a água, as larvas saem nadando e, então, são ingeridas por crustáceos (*Cyclops* e *Diaptomus*), nos quais se transformam em larvas procercoides. Nessa fase, são ingeridas (junto com os crustáceos) por peixes (truta, salmão). Nos organismos dos peixes, as larvas atravessam a parede intestinal e vão fixar-se nos músculos (carne) desses animais, transformando-se em larvas plerocercoides ou esparganos. O homem se infecta ao comer a carne crua do peixe contendo os esparganos.

A patogenia dessa verminose está ligada ao consumo de vitamina B_{12} realizada pelo verme, causando no homem uma anemia perniciosa, conhecida também por anemia botricefálica.

A profilaxia consiste em não comer carne de peixe crua.

NEVES, David Pereira. *Parasitologia Humana*. 5 ed. Atheneu, 1982, p. 196. (Adaptação)

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Mackenzie-SP) A respeito dos platelmintos, é **INCORRETO** afirmar que

A) há representantes que possuem tanto reprodução assexuada como sexuada.

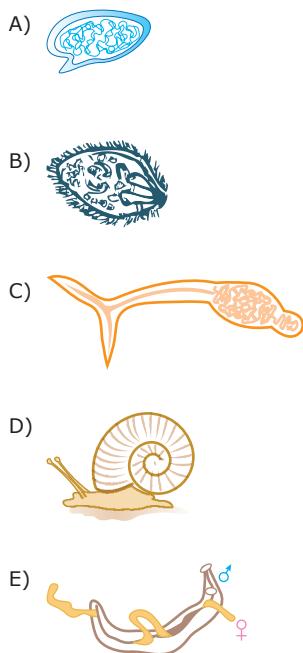
B) há representantes tanto de vida livre como parasitas.

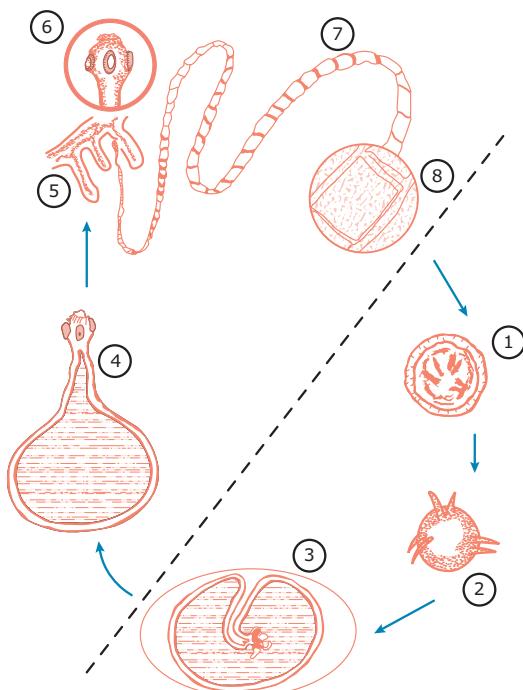
C) são todos triblásticos acelomados.

D) possuem sistema respiratório e circulatório.

E) há representantes hermafroditas e de sexos separados.

02. (Mackenzie-SP) No quadro a seguir, o sinal (+) indica presença da característica, e o sinal (–) indica ausência dessa característica.

Assinale a alternativa que se aplica aos platelmintos.

	Sistema digestório	Sistema circulatório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Sistema nervoso
A)	–	+	–	+	+
B)	+	+	+	+	+
C)	+	+	+	–	–
D)	+	–	–	+	+
E)	+	+	–	+	+

03. (Fatec-SP–2007) As planárias são vermes acelomados, pequenos e achatados dorso-ventralmente; apresentam um tubo digestório com inúmeras ramificações.

O tamanho e a forma das planárias estão diretamente relacionados

A) à capacidade regenerativa de seu mesênquima.

B) ao sistema nervoso ganglionar ventral.

C) à presença de células-flama.

D) aos ocelos acima dos gânglios cerebroides.

E) à ausência de um sistema circulatório.

04. (UFMG) Todas as alternativas apresentam elementos que estão presentes numa lagoa, foco de esquistossomose, **EXCETO**

A)

B)

C)

D)

E)

05. (UFMG) Observe a figura que representa o ciclo da *Taenia solium*.

Todas as afirmativas são corretas quanto ao ciclo da *Taenia solium*, **EXCETO**

A) A fase indicada por 3 pode ser encontrada tanto no cérebro do homem, quanto no tecido muscular esquelético do porco.

B) A meiose, na estrutura indicada por 8, originará tanto gametas masculinos, quanto femininos.

C) A respiração é do tipo cutânea, o tubo digestório é completo e o desenvolvimento é direto no indivíduo indicado por 7.

D) As estruturas 1 e 8 podem ser eliminadas pelas fezes do homem no ambiente e podem ser ingeridas pelo porco.

E) O tecido indicado por 5 é do tipo epitelial simples e pertence ao hospedeiro definitivo do parasita.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

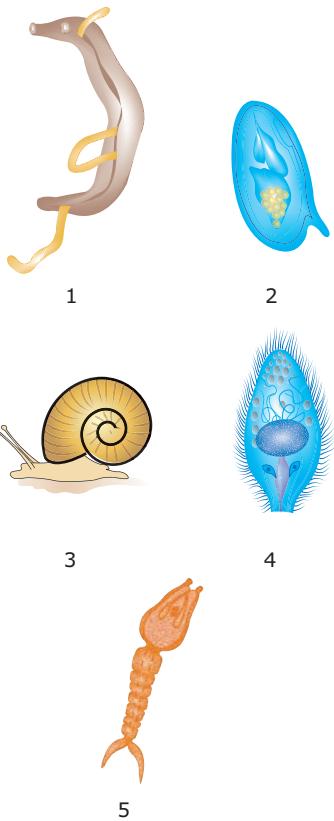
01. (UFMG) Sabe-se que a maioria das endemias brasileiras poderia ser controlada com algumas intervenções nas áreas de ocorrência. No caso da esquistossomose, o procedimento mais eficaz para a queda de sua incidência seria

A) melhorar o padrão das casas.

B) modificar as condições de trabalho e lazer.

C) tomar mais precaução na higiene dos alimentos.

D) facilitar o acesso aos serviços médicos.

E) construir esgotos e tratá-los adequadamente.

02. (UFV-MG) A comercialização de carne clandestina tem contribuído para o aumento de parasitoses que acometem o ser humano. Destacam-se entre essas doenças as que são causadas por cestódeos, que poderiam ser evitadas caso medidas preventivas fossem observadas. Entre as diversas medidas que devem ser tomadas, assinale a alternativa **CORRETA** que apresenta uma medida preventiva, específica para parasitas dessa classe do filo Platyhelminthes.

A) Examinar visualmente se a carne a ser consumida contém cisticercos.

B) Evitar que o boi ou o porco bebam água contaminada com miracídios.

C) Não comprar carne clandestina, que pode conter larvas de ancilóstomo.

D) Verificar se a carne suína ou bovina contém cistos de cercária grávidos.

E) Inspecionar a carne em busca de ovos de *Fasciola hepatica*.

03. (UFMG) A cisticercose humana é comprovadamente causada pela ingestão de

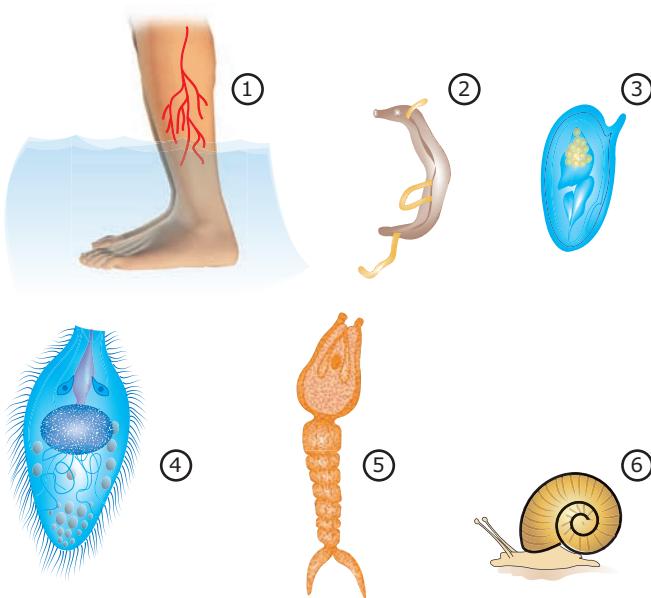
A) ovos de *Taenia solium*.

B) ovos de *Taenia saginata*.

C) ovos de *Taenia solium* ou carne bovina malcozida com cisticercos de *Taenia saginat*a.

D) carne bovina, contendo cisticercos de *Taenia solium*, crua ou malcozida.

E) carne de porco, contendo cisticercos de *Taenia solium*, crua ou malcozida.

04. (UFMG) Observe as figuras.

Nelas se apresenta o esquema parcial de alguns componentes do ciclo evolutivo do *Schistosoma mansoni*, representados em escala diferente.

A contaminação do homem é feita por

A) 1.

B) 2.

C) 3.

D) 4.

E) 5.

05. (UFMG) Observe as figuras que se referem ao ciclo da esquistossomose mansônica.

Em relação às figuras, é **CORRETO** afirmar-se que

A) a infecção ocorre em 1 pelas formas 3, 4 e 5.

B) a meiose ocorre da fase 3 para a fase 4.

C) a passagem do indivíduo 5 pelo indivíduo 6 é necessária para que ele dê origem a 4.

D) o indivíduo indicado por 6 é o hospedeiro definitivo do parasito.

E) os indivíduos indicados em 2 localizam-se no sistema porta-hepático de 1.

06. (PUC Minas) É **CORRETO** afirmar sobre a *Taenia*:

A) A cisticercose humana é adquirida pela ingestão de ovos do parasita.

B) A alimentação ocorre através das ventosas presentes no escólex.

C) Cada proglote apresenta apenas um sexo.

D) A reprodução ocorre apenas pela fecundação cruzada.

E) Parasita especialmente o fígado.

07. (FCMMG)

A tirinha apresentada contém algumas inverdades biológicas, entre as quais há um absurdo, que é:

A) Nós, as tênias, na verdade somos várias lombrigas no mesmo corpo (1º quadrinho).

B) Eu sou a cabeça (ou escólex) e comando o resto do corpo (2º quadrinho).

C) O resto do corpo é formado por proglótides (2º quadrinho).

D) Existem nas tênias tantas proglótides, como as que dizem "não" (3º quadrinho).

08. (FUVEST-SP) Boca e sistema digestório ausentes, cabeça com quatro ventosas musculares e um círculo de ganchos, cutícula permeável à água e nutrientes, e que protege contra os sucos digestivos do hospedeiro, sistema reprodutor completo e ovos com alta tolerância a variações de pH.

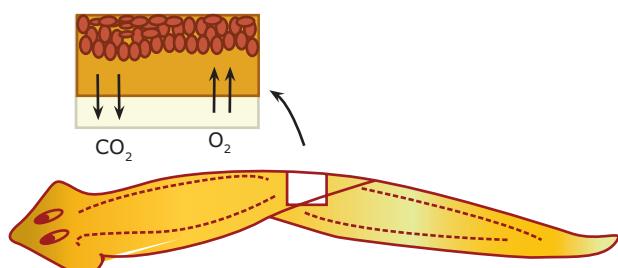
O texto descreve adaptações de

A) lombrigas ao endoparasitismo.

B) tênias ao endoparasitismo.

C) lombrigas ao ectoparasitismo.

D) tênias ao ectoparasitismo.

E) tênias ao comensalismo.

09. (Unicamp–2011) A teníase e a cisticercose são doenças parasitárias que ainda preocupam as entidades sanitaristas. São medidas que controlam a incidência de casos dessas parasitoses: lavar bem os alimentos e tomar água fervida ou filtrada, para evitar a

A) ingestão de ovos dos platelmintos causadores dessas doenças; e controlar as populações de caramujos, que são hospedeiros intermediários dos platelmintos.

B) ingestão de ovos dos nematelmintos, além de cozinhar bem as carnes de porco e de boi, ambos portadores desses nematelmintos.

C) ingestão de cisticercos; e controlar a população de insetos vetores, como o barbeiro, que transmite os ovos do parasita ao picar o homem.

D) ingestão de ovos do parasita; e cozinhar adequada mente as carnes de porco e de boi para evitar a ingestão de cisticercos

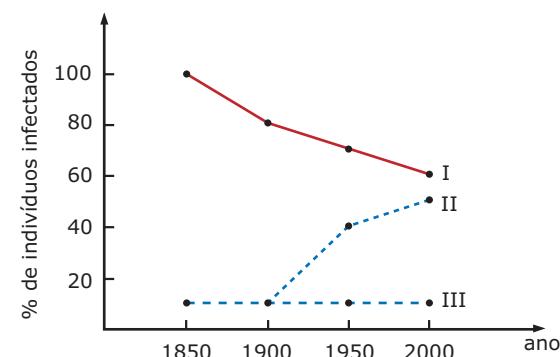
10. (UFPR) Qual a sentença **CORRETA** para definir o filo Platyhelminthes?

A) Diblásticos, de simetria bilateral e acelomados.

B) De simetria bilateral, triblásticos, celomados e protonefridiais.

C) Triblásticos, de simetria bilateral, acelomados e protonefridiais.

D) Pseudocelomados, de simetria bilateral, triblásticos e hermafroditas.

E) Pseudocelomados, triblásticos, radiais, protonefridiais e hermafroditas.

11. (Cesgranrio)

O esquema anterior representa o processo respiratório em uma planária. Assinale a afirmação **INCORRETA** sobre esse tipo de respiração.

A) O ser apresenta poucas camadas de células, possibilitando a difusão gasosa.

B) O sangue auxilia no transporte de gases para as células.

C) A difusão célula a célula possibilita o aporte de O_2 a todas as células.

D) A superfície de contato com o ambiente é extensa, permitindo as trocas.

E) As trocas gasosas se processam por diferença de concentração.

12. (UFSCar-SP) O gráfico a seguir refere-se à prevalência do *Schistosoma mansoni* em três regiões distintas, I, II e III, do Brasil.

No período de 1890 a 1900, ocorreu um intenso fluxo migratório humano da região I para as regiões II e III.

Responda:

A) A que filo pertence o *Schistosoma mansoni* e que doença ele causa ao homem?

B) Como você explica a diferença de prevalência de *Schistosoma mansoni* entre as regiões II e III, no ano de 2000, sabendo que na região II predominam lagos e lagoas, e na região III predominam rios?

13. (Unicamp-SP) Dona Maria mora em Campinas e tem família em Pernambuco. Sempre que volta de lá apresenta o mesmo problema: contaminou-se com o *Schistosoma mansoni*. Por mais que o médico explique os cuidados que deve tomar, ela sempre volta com barriga-d'água.

A) Dona Maria pode representar algum risco para a população de Campinas? Por quê?

B) **INDIQUE** duas medidas essenciais para a eliminação de uma endemia como a barriga-d'água em uma dada região.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1998) – Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:

Lagoa Azul está doente

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da Saúde no Município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.

Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população em relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.

Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.

Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.

Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.

Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.

Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

Em relação à esquistossomose, a situação é complexa, pois o ciclo de vida do verme que causa a doença tem vários estágios, incluindo a existência de um hospedeiro intermediário, um caramujo aquático que é contaminado pelas fezes das pessoas doentes. Analisando as medidas propostas, o combate à doença terá sucesso se forem implementadas

A) 1 e 6, pois envolvem a eliminação do agente causador da doença e de seu hospedeiro intermediário.

B) 1 e 4, pois além de eliminarem o agente causador da doença, também previnem o contato do transmissor com as pessoas sãs.

C) 4 e 6, pois envolvem o extermínio do transmissor da doença.

D) 1, 4 e 6, pois atingirão todas as fases do ciclo de vida do agente causador da doença, incluindo o seu hospedeiro intermediário.

E) 3 e 5, pois prevenirão a contaminação do hospedeiro intermediário pelas fezes das pessoas doentes e a contaminação de pessoas sãs por águas contaminadas.

02.

Municípios de Alagoas têm alta de esquistossomose

Ao investigar dois municípios de Alagoas situados nas bacias hidrográficas dos rios Mundaú e Paraíba, Danylo Palmeira, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Alagoas, e colegas verificaram que essas regiões são áreas hiperendêmicas para *Schistosoma mansoni*. Eles afirmaram no estudo publicado na edição de maio/junho da Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical que identificaram taxas de prevalência acima de 5%, consideradas altas pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A prevalência observada, segundo eles, também foi duas vezes maior que a apresentada pelo Programa Brasileiro de Controle da Esquistossomose.

Disponível em: <http://www.jornaldiadia.com.br/jdd/cs/36508-municípios-de-alagoas-tem-hiperendemia-de-esquistossomose>. Acesso em: 29 jun. 2010. (Adaptação).

Para conter o avanço da esquistossomose, é necessário

A) reduzir o número de caramujos, já que os mesmos liberam a fase larval, conhecida como miracídios.

B) ampliar o tratamento dos doentes, já que os mesmos correm riscos de se autocontaminarem com os ovos do parasita.

C) aumentar o tratamento do esgoto, pois dessa forma há uma redução de ovos do *Schistosoma* na água.

D) diminuir a quantidade de água de lagos e lagoas com o intuito de aumentar a quantidade de caramujos.

E) evitar manter a água parada, uma vez que é nesse local que ocorre a ovoposição do inseto transmissor.

GABARITO

Fixação

01. D 02. D 03. E 04. E 05. C

Propostos

01. E 04. E 07. A 10. C
02. A 05. E 08. B 11. B
03. A 06. A 09. D

12. A) O *Schistosoma mansoni* pertence ao filo dos platelmintos e causa a doença denominada esquistossomose, conhecida popularmente por "xistose" ou "barriga-d'água".

B) Lagos e lagoas favorecem a permanência das larvas do *Schistosoma* na região II, fato que não deve ocorrer na região III, onde as águas dos rios devem ser correntes.

13. A) Sim, dependendo das condições de saneamento básico da região onde mora e da existência de caramujos hospedeiros nessa região.

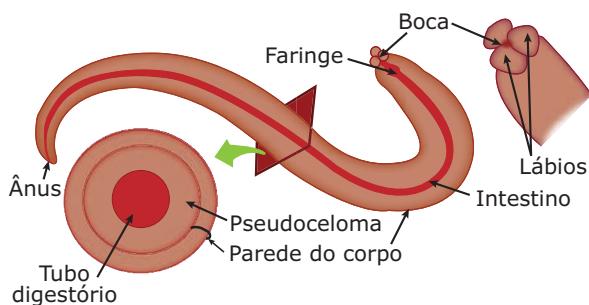
B) Tratamento dos esgotos e combate ao caramujo hospedeiro.

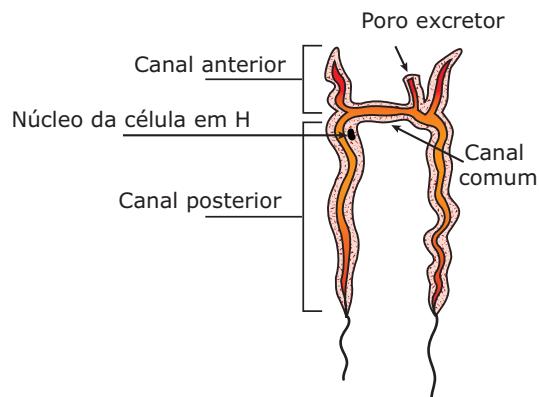
Seção Enem

01. E 02. C

BIOLOGIA

Nematelmintos

MÓDULO 10 FRENTE C

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os nematelmintos (do grego *nematos*, fio, e *helminthes*, verme), também conhecidos por nematódeos, são metazoários bilatérios, triblásticos, pseudocelomados e protostômios. Possuem corpo cilíndrico, alongado, revestido por uma cutícula de natureza proteica. O tamanho é variado, existindo espécies microscópicas, como os rotíferos dulcícolas com menos de 1 mm de comprimento, e espécies com vários centímetros, como é o caso, por exemplo, das lombrigas.

Os nematelmintos não possuem sistema respiratório nem sistema circulatório. Algumas espécies são anaeróbias, como certos endoparasitas intestinais, e outras são aeróbias, e, nesse caso, fazem a respiração cutânea direta. A distribuição de substâncias pelo corpo do animal (O_2, nutrientes) se faz por difusão através da cavidade pseudocelomática onde existe um líquido (líquido pseudocelomático). Além dessa função de transporte, o pseudoceloma, por ser cheio de líquido, funciona como um esqueleto hidrostático, fornecendo apoio para os movimentos musculares do verme.

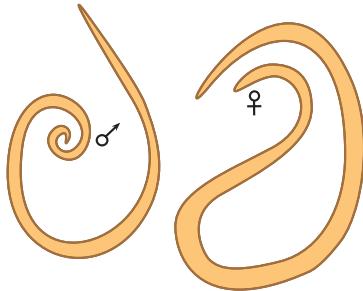
O sistema digestório é formado por um tubo digestório completo constituído por boca, faringe, intestino retilíneo e ânus. É o primeiro grande filo com tubo digestório completo.

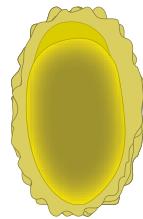
Tubo digestório da "lombriga" *– Observe que ao redor da boca, o verme possui três lábios*

O sistema excretor é constituído pelos tubos em H ou renetes (dois longos tubos laterais que, devido à sua disposição, lembram a letra H).

Sistema excretor dos nematelmintos *– As excreções são lançadas no líquido pseudocelomático, de onde são removidas pelos tubos em H e eliminadas para o meio externo, através de um poro excretor localizado na região anterior, próximo à boca.*

O sistema nervoso dos nematelmintos é do tipo ganglionar, sendo formado por um gânglio em forma de anel que circunda o esôfago (anel periesofágico), do qual partem dois nervos longitudinais, um dorsal e um ventral.

A reprodução é sexuada por fecundação interna, sendo que a maioria das espécies é dioica (sexos separados) com dimorfismo sexual, isto é, machos e fêmeas apresentam formas diferentes, sendo os machos menores do que as fêmeas.

O desenvolvimento pode ser direto (sem larvas) ou indireto (com fase larvária).

Podem ser de vida livre ou parasitas. As espécies de vida livre habitam o solo úmido, a areia das praias, a água doce e a água salgada; os parasitas infestam animais e plantas. Muitos são parasitas humanos.

PRINCIPAIS NEMATÓDEOS PARASITAS HUMANOS

Ascaris lumbricoides (lombriga)

É o agente etiológico (causador) da ascaridíase ou ascaridiose, verminose encontrada em quase todos os países.

***Vermes adultos de* Ascaris lumbricoides** – *Os vermes adultos vivem no intestino delgado do homem. O macho mede cerca de 20 a 30 cm de comprimento e tem a extremidade posterior encurvada. A fêmea mede cerca de 30 a 40 cm, tem a extremidade posterior retilínea e é mais grossa do que o macho. Machos e fêmeas apresentam a boca circundada por três lábios que funcionam como estruturas de fixação dos vermes na mucosa intestinal.*

Ovo fértil não embrionado

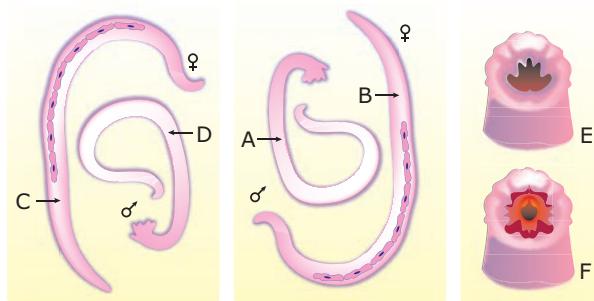
Ovo fértil embrionado

***Ovos de* A. lumbricoides** – *Cada fêmea é capaz de botar cerca de 200 000 ovos por dia. Esses ovos se caracterizam por possuirem, no seu interior, uma massa germinativa de células envolvida por uma membrana externa mamilonada de grande resistência. Os ovos são eliminados junto às fezes do indivíduo parasitado e, encontrando condições ambientais favoráveis (temperatura entre 25 ºC e 30 ºC, umidade e oxigênio), tornam-se embrionados em cerca de 15 dias.*

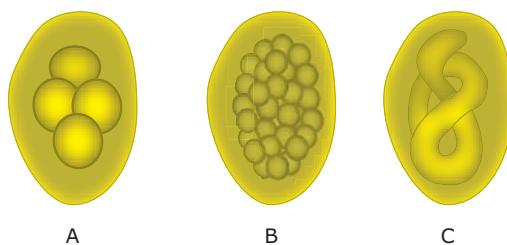
O *A. lumbricoides* é um parasita monoxeno, isto é, completa o seu ciclo evolutivo em apenas um hospedeiro, que pode ser o homem ou o porco. Seu ciclo evolutivo pode ser assim resumido: os ovos do verme chegam ao exterior junto às fezes do indivíduo parasitado. Encontrando no meio ambiente condições favoráveis, esses ovos se tornam embrionados, isto é, passam a ter no seu interior uma larva (L_1). Cerca de uma semana depois, essa larva sofre duas mudas (mudança) e se transforma na larva de 3º estágio (L_3). Os ovos contendo essas larvas, ao serem ingeridos pelo homem, vão sofrer eclosão no intestino delgado. Assim, as larvas são liberadas e, ao atravessarem a parede intestinal, caem na corrente sanguínea. Através do sistema circulatório, são levadas ao fígado e, posteriormente, à veia cava inferior. Através da veia cava inferior, essas larvas chegam às cavidades do coração: caem no átrio direito e daí passam para o ventrículo direito, de onde saem pela artéria pulmonar, sendo, então, levadas aos pulmões. Nos capilares pulmonares, as larvas sofrem uma nova muda e atravessam as paredes dos capilares pulmonares, caindo no interior dos alvéolos pulmonares. No interior dos alvéolos pulmonares, as larvas sofrem outra muda e começam a subir pelas vias aéreas (bronquíolos → brônquios → traqueia → laringe → faringe). Ao chegarem na faringe, as larvas, com cerca de 3 mm, podem ser expelidas pela expectoração ou serem deglutidas, passando então ao esôfago, estômago e intestino delgado, onde se fixam, sofrem uma nova muda, transformando-se em adultos jovens. Em aproximadamente 60 dias, esses adultos jovens atingem a maturidade sexual e passam a se reproduzir por fecundação interna. É interessante ressaltar que os espermatozoides do *Ascaris* não têm flagelos, deslocando-se por pseudópodes (movimentos ameboides). Com a oviposição, o indivíduo parasitado passa a eliminar ovos do verme nas suas fezes. Os vermes adultos podem chegar a viver no intestino delgado do homem por mais de um ano.

Como vimos, a transmissão da ascaridíase se faz pela ingestão de ovos infectantes (contendo larvas L_3) do verme.

Na ascaridíase, as larvas podem causar lesões hepáticas e pulmonares. No fígado, elas podem causar pequenos focos hemorrágicos e necrose, que depois se tornam fibrosados. Nos pulmões, podem ocorrer vários pontos hemorrágicos na passagem das larvas para os alvéolos, o que pode levar a um quadro de pneumonia (tosse, febre, etc.).

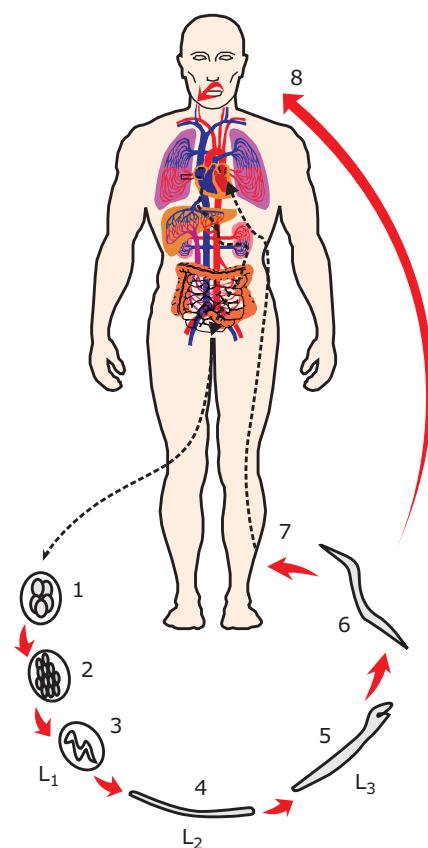
Os vermes adultos presentes no intestino delgado exercem uma ação expoliadora, uma vez que consomem grandes quantidades de nutrientes que deveriam ser absorvidos pelo organismo humano, levando o paciente, principalmente crianças, à subnutrição, às hipovitaminoses, etc. Os vermes adultos também produzem certas substâncias que podem provocar reações alérgicas. A ação mecânica desses vermes fixados na parede intestinal também causa irritação na mesma, provocando cólicas e dores abdominais. Quando o número de lombrigas adultas no interior do intestino é muito elevado, esses vermes podem enovelar-se na luz intestinal, causando a obstrução (oclusão) intestinal.

Nos casos de pacientes com carga parasitária (número de parasitas) grande ou nos casos em que o verme sofre alguma ação irritativa (medicamento impróprio ou em dosagem pequena), as lombrigas podem se deslocar de seu hábitat normal (intestino delgado) e atingir outros locais. Chama-se *Ascaris* errático o verme que se localiza fora do seu hábitat normal (localização ectópica). Nesses casos, podemos encontrar os vermes no apêndice cecal (onde podem causar apendicite aguda), no ducto colédoco (causando obstrução do mesmo), no canal pancreático (canal de Wirsung), causando pancreatite aguda e / ou a eliminação dos vermes pela boca e pelas narinas.

As principais medidas de profilaxia para a ascaridíase consistem em: tratamento dos doentes; educação sanitária; engenharia sanitária; proteção dos alimentos contra poeiras e insetos; combate aos insetos domésticos (moscas, baratas). Poeiras e insetos podem veicular ovos do verme.

Ancylostoma duodenale e *Necator americanus*

Eles são, respectivamente, os agentes etiológicos da ancilostomíase (ancilostomose) e da necatorose, duas verminoses conhecidas popularmente por "amarelão" ou "opilação".

O *A. duodenale* e o *N. americanus* pertencem a uma mesma família: Ancylostomatidae. Nessas duas espécies, tanto macho quanto fêmea possuem aspecto cilíndrico, medindo cerca de 1,0 a 1,5 cm de comprimento e apresentam cápsula bucal desenvolvida. O *A. duodenale* tem na cápsula bucal 2 pares de dentes, enquanto o *N. americanus* possui 1 par de placas cortantes. As fêmeas das duas espécies têm a extremidade posterior afilada.

***Ancylostomatídeos* – *A* e *B*. *Macho e fêmea de* N. americanus*;* *C* e *D*. *Macho e fêmea de* A. duodenale*;* *E*. *Cápsula bucal de* A. duodenale*;* *F*. *Cápsula bucal de* N. americanus.

Os vermes adultos são encontrados no intestino delgado do homem, onde se fixam à mucosa intestinal através da cápsula bucal. Após a cópula, as fêmeas fazem a oviposição e, assim, os ovos desses vermes chegam ao meio exterior junto com as fezes do indivíduo parasitado. Assim que são postos, esses ovos contêm de 4 a 8 blastômeros e dentro de 18 a 24 horas depois já apresentam em seu interior a larva de 1° estágio (L_1).

Ovos de Ancylostomatídeos* (Ancylostoma *e* Necator*)*:** ***A. *Ovo de Ancylostomatídeo recém-emitido;* ***B***. *Ovo de Ancylostomatídeo 12 horas após a oviposição;* ***C***. *Ovo de Ancylostomatídeo 24 horas após a oviposição.*

O *A. duodenale* e o *N. americanus* são parasitas monoxenos que têm como hospedeiro o homem.

O ciclo evolutivo desses vermes pode ser assim resumido:

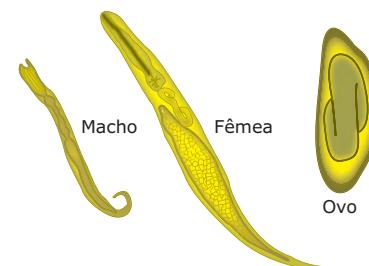
Ciclo evolutivo dos Ancylostomatídeos* – *1. *Ovo não embrionado no meio externo;* ***2.*** *Ovo com células em evolução;* ***3.*** *24 horas após a eliminação, o ovo torna-se embrionado, contendo a larva L_1 que desenvolve-se para o estágio L_2;* ***4.*** *Eclosão, ovo liberando a larva L_2;* ***5.*** *A larva L_2 evolui para o estágio L_3;* ***6* e *7.*** *Larva L_3 penetrando ativamente pela pele ou (**8**). sendo ingerida. A partir da infecção ativa na pele, as larvas caem na corrente sanguínea e, através desta, passam pelos seguintes órgãos: fígado, veia cava inferior, coração (átrio direito e ventrículo direto), artéria pulmonar e pulmões. Nos pulmões, as larvas saem da corrente sanguínea e penetram nos alvéolos pulmonares, de onde começam a subir pelas vias respiratórias, chegando à faringe. Caso sejam deglutidas, ao chegarem ao intestino delgado, elas se instalam e evoluem para vermes adultos. A partir da infecção passiva pela boca, as larvas chegam ao intestino delgado, invadem as mucosas intestinais, retornando à luz intestinal, onde dão origem aos vermes adultos. Cerca de um mês após a infecção (cutânea ou oral), inicia-se a produção de ovos.*

Como vimos, a transmissão dessas verminoses (Ancilostomíase e Necatorose) pode ser feita das seguintes maneiras: penetração ativa das larvas através da pele (principalmente pela planta dos pés, quando se tem o hábito de andar descalço) e ingestão de larvas infectantes junto com os alimentos (esse modo de transmissão, apesar de ocorrer, não é tão frequente quanto o primeiro).

Essas verminoses se caraterizam por provocar uma anemia acentuada nos indivíduos parasitados, fazendo com que a pessoa se torne fraca, desanimada e pálida. Esse quadro de sintomas foi muito bem retratado pelo escritor Monteiro Lobato, em seu famoso personagem Jeca Tatu. A ação da cápsula bucal desses vermes lesa a mucosa intestinal e, como eles mudam de lugar com frequência, deixam pequenas úlceras (feridas) na mucosa intestinal que sangram algum tempo. Esses vermes também fazem a sucção do sangue. Cada verme adulto chega a sugar de 0,05 a 0,2 mL de sangue por dia. A perda de sangue pela hemorragia das úlceras e também pela sucção do sangue feita pelos vermes leva o paciente a um quadro de anemia.

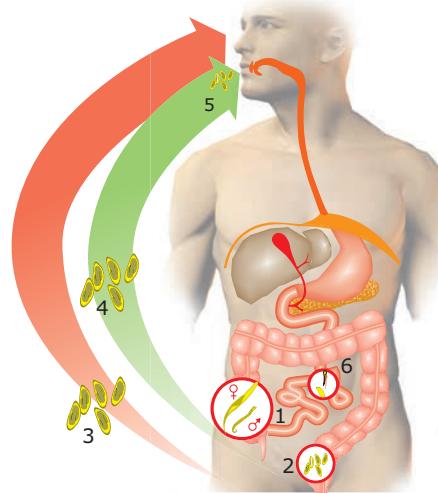
Também pode ocorrer uma perversão do apetite, fazendo com que o doente passe a fazer a geofagia (comer terra), devido, principalmente, à carência de sais minerais no organismo, especialmente de sais de ferro.

Educação sanitária, engenharia sanitária, tratamento dos doentes, cuidados higiênicos e o uso de calçados (especialmente na zona rural) são as principais medidas de profilaxia dessa verminose.

Ancylostoma braziliense

O verme adulto é um parasita típico de cães e gatos. Esses animais eliminam, junto com suas fezes, os ovos do verme. Como esses animais defecam no chão, os ovos eliminados se desenvolvem (especialmente em terrenos arenosos e úmidos), liberando larvas que podem penetrar ativamente na pele de uma pessoa (pés, pernas e mãos mais frequentemente), fazendo migrações na hipoderme. Por isso, essas larvas são conhecidas como larvas migrans cutâneas. À medida que as larvas migram (cerca de 5 cm por dia), deixam atrás de si um rastro sinuoso, motivo por que são popularmente conhecidas como "bicho geográfico". A larva migra durante algum tempo (semanas ou meses), depois morre. Provoca irritação na pele, prurido (coceira) intenso e o seu trajeto torna-se escuro. É a chamada dermatite serpiginosa (dermatite do bicho geográfico).

É frequente as pessoas adquirirem essa parasitose nas praias, especialmente em áreas sombreadas e úmidas, longe da ação das marés, mas muito frequentadas pelos cães. As caixas de areia em parques infantis também funcionam como focos de infecção.

A larva migrans cutânea é de distribuição mundial e está relacionada, principalmente, com a presença de cães e gatos. É frequente o fato de que os donos desses animais os deixem passear nas praias ou em parques infantis, ou, então, não eliminem as fezes desses animais depositadas em seus quintais, jardins ou apartamentos. Nessas situações, essas pessoas são as principais reponsáveis pela disseminação dos ovos dos vermes. Assim, as principais medidas de profilaxia são: campanhas educativas e de esclarecimentos junto aos donos de cães e gatos; exames de fezes periódicos de cães e gatos com tratamento dos animais que estejam parasitados; recolhimento dos animais de rua; incineração das fezes de cães e gatos encontradas nos quintais e jardins e o uso de calçados.

Enterobius vermicularis (Oxiúros, "lagartinha")

É o agente causador da enterobiose ou oxiurose.

Enterobius vermicularis – *O macho mede cerca de 5 mm e a fêmea, 1 cm.*

Machos e fêmeas do *E. vermicularis* são encontrados no intestino grosso do homem parasitado, em especial no ceco (porção inicial do intestino grosso). Ocasionalmente, podem ser encontrados no apêndice cecal e, em mulheres, às vezes, pode-se encontrar esses parasitos na vagina e no útero.

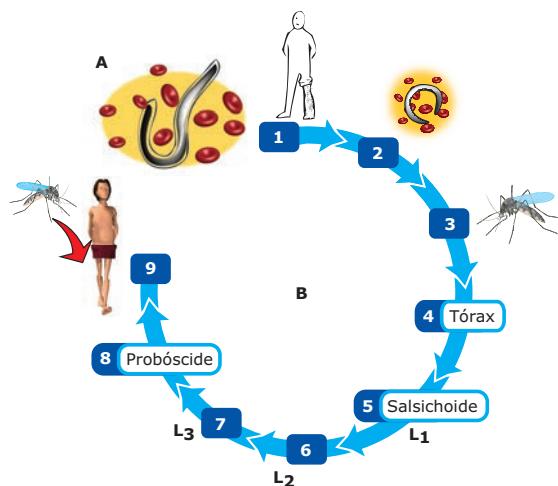
Trata-se de um parasita monoxeno, cujo ciclo evolutivo pode ser assim resumido: após a cópula, os machos são eliminados junto com as fezes do indivíduo parasitado e morrem, enquanto as fêmeas, repletas de ovos, desprendem-se do ceco e migram para o ânus (especialmente à noite). Alguns autores suspeitam que elas realizam a oviposição na região perianal, mas a maioria acredita que os ovos são eliminados por rompimento das fêmeas, devido a algum tipo de traumatismo. Como as fêmeas são verdadeiros "sacos de ovos" revestidos por uma cutícula que fica bem distendida, parece que o rompimento da mesma se torna realmente fácil. Os ovos, que se assemelham a um D, pois têm um dos lados achatado, são eliminados já embrionados e, ao serem ingeridos pelo homem, chegam ao intestino delgado, onde eclodem e põem em liberdade as larvas. As larvas migram para o ceco e evoluem para vermes adultos.

Ciclo evolutivo do* Enterobius vermicularis** – ***1. *Machos e fêmeas no ceco;* ***2.*** *Ovos depositados na região perianal;* ***3.*** *Ovos no meio exterior, contaminando alimentos;* ***4.*** *Ovos da região perianal levados à boca pelas mãos;* ***5.*** *Ingestão de ovos embrionados; eclosão de ovos no intestino delgado;* ***6.*** *Migração de larvas até o ceco; vermes adultos. Cerca de 30 a 40 dias após a infecção, as fêmeas já estão repletas de ovos.*

Os modos de transmissão mais frequentes dessa verminose são: heteroinfecção ou primoinfecção (quando os ovos do verme que contaminam a água e os alimentos são ingeridos pelo homem); autoinfecção direta (quando o indivíduo parasitado leva os ovos da região perianal à boca) e retroinfecção (quando os ovos eclodem externamente na região perianal e as larvas penetram pelo ânus, chegando ao intestino grosso, onde evoluem para vermes adultos).

A enterobiose se caracteriza principalmente por um prurido (coceira) anal (principalmente à noite). O ato de coçar o ânus pode lesar ainda mais a região, possibilitando a instalação de infecções bacterianas secundárias. O prurido ainda provoca, principalmente em crianças, perda do sono e nervosismo.

A profilaxia consiste em: tratamento dos doentes; educação sanitária; engenharia sanitária; cuidados higiênicos pessoais; lavar frutas e verduras em água tratada e corrente; não sacudir as roupas de dormir e de cama usada pelos indivíduos parasitados (o hábito de, pela manhã, sacudir roupas de cama e roupas de dormir pode disseminar os ovos no domicílio. Essas roupas devem ser enroladas e lavadas em água fervente, diariamente).

Wuchereria bancrofti (filária)

É o agente etiológico da wuquererose, verminose também conhecida por filariose ou elefantíase, frequente em regiões tropicais.

Os vermes adultos (machos e fêmeas) vivem nos vasos linfáticos humanos, principalmente nos da perna, embora também possam ser encontrados em outros órgãos (mamas, escroto, braços).

Os machos medem cerca de 3,5 cm de comprimento, enquanto as fêmeas têm de 7 a 10 cm.

Trata-se de um parasita heteroxeno que realiza o seu ciclo evolutivo em dois hospedeiros: um hospedeiro vertebrado, que é o homem, e um hospedeiro invertebrado, que é o mosquito fêmea do gênero *Culex*.

O ciclo evolutivo desse parasita pode ser assim resumido:

***Ciclo evolutivo da* Wuchereria bancrofti** *– **(A)** Microfilária no sangue; **(B)** Ciclo evolutivo: **1**. Homem parasitado com os vermes adultos; **2**. Microfilárias no sangue periférico (entre 22 e 24 horas); **3**. O mosquito* Culex *ingere microfilárias; **4**. 24 horas depois, já no tórax do inseto; **5**. Larva salsichoide nos músculos torácicos do mosquito; **6**. Cerca de 8 dias após, sofrem a 1ª muda dando origem a L_2; **7**. Cerca de 10 dias após, sofrem a 2ª muda, dando origem a L_3, que é infectante para o homem; **8**. As larvas L_3 migram para a probóscide do mosquito; **9**. Ao realizar um novo hematofagismo, o inseto deposita as larvas L_3 na pele do hospedeiro. Essas larvas, então, penetram ativamente, caem na circulação linfática e evoluem para vermes adultos, que um ano depois iniciam a eliminação de microfilárias.*

Como vimos, a transmissão da filariose ou elefantíase se faz pela deposição das larvas infectantes na pele das pessoas, seguida de penetração ativa das mesmas. Um mosquito, ao aproximar sua probóscide do hospedeiro vertebrado, deixa escapar as larvas que, então, penetram ativamente na pele. Parece que o estímulo que provoca a saída das larvas da probóscide do mosquito é o calor emanado do corpo humano.

A presença dos vermes adultos no interior dos vasos linfáticos pode causar a obstrução (entupimento) dos mesmos e, com isso, ocorre derrame de linfa para os tecidos vizinhos ocasionando o aparecimento de edemas (inchaços) progressivos, o que pode levar aquela parte do corpo a assumir dimensões desproporcionais.

A profilaxia consiste basicamente no tratamento das pessoas doentes e no combate ao inseto vetor.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UEL-PR) Nematódeos são animais vermiformes de vida livre ou parasitária, encontrados em plantas e animais, inclusive no homem. Sobre as características presentes em nematódeos, considere as afirmativas a seguir.

I. Corpo não segmentado coberto por cutícula.

II. Trato digestório completo.

III. Órgãos especializados para circulação.

IV. Pseudoceloma.

Estão **CORRETAS** apenas as afirmativas

A) I e III.
B) I e IV.
C) II e III.
D) I, II e IV.
E) II, III e IV.

02. (PUC Minas) Leia, com atenção, as informações a seguir:

I. Triblástico pseudocelomado.

II. Não possui hospedeiro intermediário.

III. Larvas desenvolvem-se no solo.

O parasita que possui as características anteriores é

A) *Taenia solium.*
B) *Schistosoma mansoni.*
C) *Ancylostoma duodenale.*
D) *Ascaris lumbricoides.*
E) *Enterobius vermicularis.*

03. (UFMG) Em relação ao *Ascaris lumbricoides,* é **ERRADO** afirmar que

A) é um triblástico, pseudocelomado e protostômio.

B) a infecção se processa pela ingestão de ovos contendo larvas.

C) a reprodução sexuada se processa no homem.

D) é um nematoide monoxênico.

E) apresenta sistema circulatório aberto.

04. (Mackenzie-SP) Assinale a alternativa que apresenta parasitoses humanas causadas unicamente por vermes nematelmintos.

A) Ascaridíase, ancilostomose e teníase

B) Ascaridíase, filaríase e esquistossomose

C) Ancilostomose, filaríase e oxiurose

D) Ancilostomose, teníase e oxiurose

E) Filaríase, oxiurose e esquistossomose

05. (UFMG) As figuras a seguir foram extraídas da bula de um medicamento e representam procedimentos que podem ser adotados na prevenção de algumas doenças.

Beber somente água filtrada fervida

Lavar cuidadosamente as verduras e cozinhar bem os alimentos

Comer apenas carne bem-passada

Andar sempre com os pés calçados

Assinale a alternativa que contém uma verminose que **NÃO** pode ser evitada por qualquer um dos procedimentos apresentados nas figuras.

A) Ancilostomíase

B) Esquistossomose

C) Filariose

D) Teníase

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) Na primeira coluna, estão alguns animais responsáveis por parasitoses muito comuns; na segunda coluna, estão as formas de contágio.

1. *Schistosoma mansoni*
2. *Taenia solium*
3. *Taenia saginata*
4. *Ascaris lumbricoides*
5. *Ancylostoma duodenale*

( ) Ingestão de seus ovos junto com água ou alimentos contaminados, ou ainda através de mãos sujas.

( ) As larvas penetram ativamente pela pele.

( ) As larvas chamadas cercárias, presentes nas lagoas, penetram pela pele.

( ) Ingestão de carne de boi ou vaca malcozida.

( ) Ingestão de carne de porco contaminada por cisticerco.

A associação **CORRETA** entre as duas colunas, de cima para baixo, é

A) 3, 5, 1, 2, 4.

B) 4, 1, 5, 3, 2.

C) 4, 5, 1, 2, 3.

D) 4, 5, 1, 3, 2.

E) 5, 1, 4, 2, 3.

02. (PUC-Campinas-SP) São parasitoses que podem ser adquiridas com a penetração de larvas através da pele:

A) Teníase e esquistossomose

B) Esquistossomose e ancilostomose

C) Ancilostomose e ascaridíase

D) Ascaridíase e teníase

E) Teníase e ancilostomose

03. (FGV-SP) Crianças que frequentavam um tanque de areia do condomínio onde residiam apresentaram, praticamente ao mesmo tempo, uma parasitose conhecida popularmente como "bicho geográfico" ou "larva migrans", cujo agente etiológico é o *Ancylostoma braziliense*.

Quais os animais a seguir relacionados poderiam ter sido responsáveis pela contaminação da areia?

A) Ratos e pássaros

B) Ratos e pombos

C) Morcegos e pombos

D) Cachorros e gatos

E) Papagaios e pombos

04. (PUC-Campinas-SP) O amarelão é uma verminose que pode ser causada por *Ancylostoma duodenale* ou por *Necator americanus*. A pessoa infectada torna-se fraca e desanimada, com uma palidez típica. O hemograma revela quantidades de hemácias abaixo do normal, devido

A) à destruição de hemácias circulantes pelas enzimas dos vermes.

B) às lesões na parede intestinal que provocam hemorragias.

C) ao excesso de produção de glóbulos brancos.

D) às lesões que os vermes causam no fígado e no baço.

E) ao bloqueio da produção de hemácias pelo sistema imunológico.

05. (Mackenzie-SP–2010) As verminoses representam um grande problema de saúde, principalmente nos países subdesenvolvidos. A falta de redes de água e de esgoto, de campanhas de esclarecimento público, de higiene pessoal e de programas de combate aos transmissores, leva ao aparecimento de milhares de novos casos na população brasileira.

Dentre as verminoses humanas causadas por nematódos, citam-se, **CORRETAMENTE**,

A) teníase, ascaridíase e ancilostomose.

B) filariose, ancilostomose e ascaridíase.

C) esquistossomose, ascaridíase e ancilostomose.

D) esquistossomose, filariose e oxiurose.

E) teníase, filariose e esquistossomose.

06. (UFMG) A ingestão frequente de terra por crianças é um comportamento que pode indicar

A) anemia, como consequência de necatoríase.

B) desnutrição, por deficiência de minerais para reposição de energia.

C) fome, pois a terra ingerida produzirá sensação de saciedade.

D) parasitose por *Ascaris* porque a ingestão de terra reduz a infestação.

E) raquitismo, portanto, as crianças buscam, instintivamente, o cálcio necessário ao seu crescimento.

07. (PUC Minas) A oxiuríase ou enterobiose é causada pelo nematódeo *Enterobius vermicularis*.

São medidas aplicáveis na profilaxia e no tratamento dessa helmintíase, **EXCETO**

A) ferver as roupas de pessoas por ela contaminadas.

B) administrar pomadas mercuriais na região anal.

C) cortar as unhas.

D) incutir hábitos de higiene na pessoa contaminada.

E) eliminar o hospedeiro intermediário.

08. (UFU-MG) Os humanos adquirem ascaridíase ao

A) ingerir ovos desse parasita monoxeno em verduras mal-lavadas e água contaminada.

B) comer carne malcozida ou crua que contém cistos desse parasita heteroxeno.

C) dormir ao relento e ao serem picados por mosquitos contaminados pelos nematódeos.

D) nadar em rios ou lagoas contaminadas por cercárias e outras larvas.

09. (PUC-Campinas-SP) Formularam-se algumas hipóteses sobre o motivo de um menino ter contraído ascaridíase.

I. Andou descalço sobre a terra.

II. Nadou em lagoas com caramujos.

III. Comeu carnes malcozidas.

IV. Levou à boca a mão suja de terra.

V. Bebeu água não potável.

São procedentes as hipóteses

A) I e II.

B) I e III.

C) II e IV.

D) III e V.

E) IV e V.

10. (PUC-Rio–2011) O cuidado na lavagem de frutas e verduras e o cozimento apropriado de carnes que se pretende ingerir são algumas medidas preventivas de doenças causadas por helmintos e protozoários. Essas medidas não serão eficazes contra:

A) amebíase.
B) ascaridíase.
C) elefantíase.
D) giardíase.
E) teníase.

11. (PUC RS) Os nematódeos são vermes não segmentados apresentando corpo alongado e de forma cilíndrica. Uns são de vida livre e outros parasitas. Neles, a cavidade do corpo não é totalmente revestida pelo mesoderma, embora sejam triploblásticos.

Essa descrição permite que se possa identificar os nematódeos como animais

A) acelomados.
B) monoxênicos.
C) heteroxênicos.
D) pseudocelomados.
E) celomados.

12. (Mackenzie-SP) A elefantíase é uma verminose provocada por um nematódeo, e seu principal sintoma é o inchaço de pés e pernas. Esse inchaço é provocado

A) pela reação do sistema imunológico à presença dos vermes.

B) pelo aumento do número de vermes nas células musculares das regiões infectadas.

C) pelo acúmulo de vermes nos capilares sanguíneos, dificultando o retorno do sangue.

D) pelo acúmulo de vermes nos vasos linfáticos, impedindo a reabsorção de linfa, que se acumula nos espaços intercelulares.

E) pelo entupimento de vasos sanguíneos, causado pela coagulação do sangue na tentativa de expulsar os vermes.

13. (FUVEST-SP) *Humilhação dessas lombrigas / humilhação de confessá-las [...] / o que é pior: mínimo verme / quinze centímetros modestos [...] / enquanto Zé, rival na escola [...], / ele expeliu entre ohs! e ahs! [...] / formidável tênia porcina: / a solitária de três metros.*

ANDRADE, C. D. *Dupla Humilhação.*

Lombrigas e solitárias (tênias) pertencem a grupos animais distintos e, apesar da "humilhação" do protagonista, ele teria argumentos biológicos para afirmar que as lombrigas apresentam maior complexidade que as tênias.

A) A quais filos animais pertencem a lombriga e a tênia, respectivamente?

B) **CITE** duas novidades evolutivas do filo da lombriga em relação ao filo da tênia.

14. (UNIFESP-SP–2005) Em um centro de saúde, localizado em uma região com alta incidência de casos de ascaridíase (lombriga, *Ascaris lumbricoides*), foram encontrados folhetos informativos com medidas de prevenção e combate à doença. Entre as medidas, constavam as seguintes:

I. Lave muito bem frutas e verduras antes de serem ingeridas.

II. Ande sempre calçado.

III. Verifique se os porcos – hospedeiros intermediários da doença – não estão contaminados com larvas do verme.

IV. Ferva e filtre a água antes de tomá-la.

O diretor do centro de saúde, ao ler essas instruções, determinou que todos os folhetos fossem recolhidos, para serem corrigidos. Responda:

A) Quais medidas devem ser mantidas pelo diretor, por serem corretas e eficientes contra a ascaridíase? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

B) Se nessa região a incidência de amarelão também fosse alta, que medida presente no folheto seria eficaz para combater tal doença? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1998) Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:

Lagoa Azul está doente

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da Saúde no Município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.

Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população em relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.

Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.

Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.

Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.

Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.

Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

Para o combate da Ascaridíase, a proposta que trará maior benefício social, se implementada pela Prefeitura, será

A) 1.
B) 3.
C) 4.
D) 5.
E) 6.

02. A triquinelose ou triquinose é uma verminose causada por nematódeos do gênero *Trichinella*, como o *Trichinella spiralis* que, devido a sua distribuição universal e patogenicidade, é considerada a principal espécie do gênero. Mialgias (dores musculares), fraqueza e febre estão entre os sintomas dessa verminose que tem na ingestão de carne de porco malcozida, contaminada com cistos do verme, sua maior fonte de infecção.

A triquinelose e a teníase têm em comum o fato de que ambas

A) são causadas por vermes pertencentes a um mesmo filo.

B) possuem agentes etiológicos que têm o porco como hospedeiro definitivo .

C) são adquiridas pelo homem por meio da ingestão de carne contaminada com os ovos do verme.

D) têm incidência apenas em alguns países, onde as condições de saneamento básico ainda são bastante precárias.

E) podem ser evitadas com a mudança de certos hábitos alimentares.

GABARITO

Fixação

01. D 02. C 03. E 04. C 05. C

Propostos

01. D	04. B	07. E	10. C
02. B	05. B	08. A	11. D
03. D	06. A	09. E	12. D

13. A) A lombriga pertence ao filo dos nematelmintos, e a tênia, ao filo dos platelmintos.

B) Os nematelmintos apresentam, como novidades evolutivas, tubo digestório completo (com boca e ânus); pseudoceloma como cavidade corpórea.

14. A) Devem ser mantidas as medidas I e IV. A ascaridíase é transmitida através de alimentos ou de água contaminados com ovos do verme parasita.

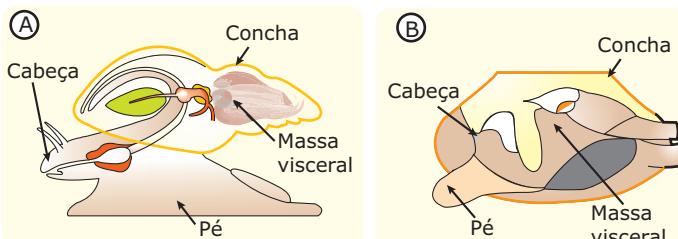
B) A medida eficaz contra o amarelão seria a II. O amarelão é adquirido, principalmente, quando se anda descalço sobre a terra onde vivem as larvas infestantes dos parasitas *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*.

Seção Enem

01. B 02. E

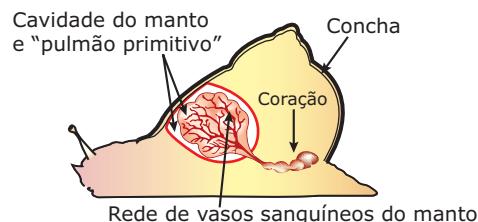
BIOLOGIA

Anelídeos e moluscos

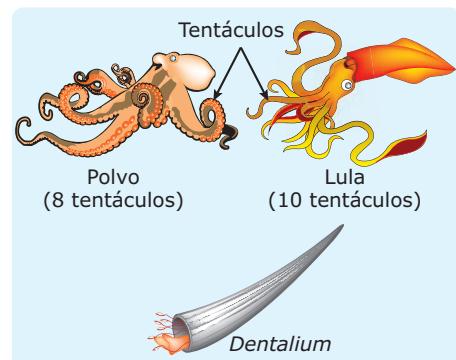
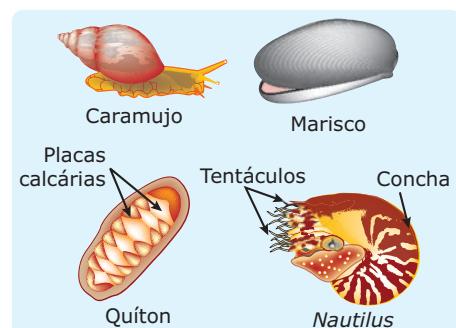
MÓDULO 11

FRENTE C

MOLUSCOS

Denomina-se malacologia o ramo da Zoologia que estuda os moluscos (do latim *mollis*, mole).

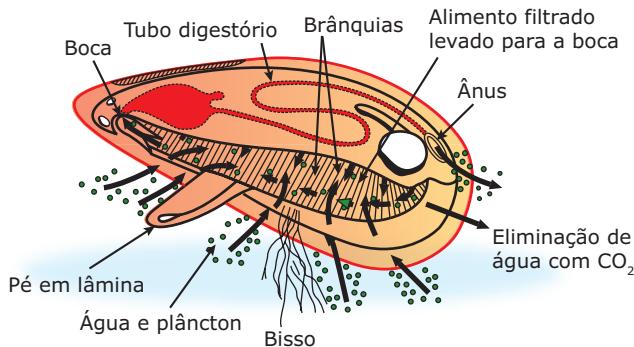
Os moluscos são metazoários de simetria bilateral, não segmentados, triblásticos, celomados, protostômios, cujo corpo está geralmente dividido em três partes: cabeça, pé e massa visceral (saco visceral).

Na cabeça, ficam localizadas estruturas sensoriais (olhos, tentáculos, etc.); o pé é uma estrutura muscular com função de fixar, cavar ou locomover; a massa visceral corresponde ao conjunto de sistemas de órgãos internos do animal e, em muitas espécies, está protegida pela concha.

Os moluscos apresentam três partes corporais básicas: cabeça, pé e massa (ou saco) visceral. O desenvolvimento de cada uma dessas partes varia nas diferentes classes. O caracol-de-jardim, por exemplo, tem cabeça e pé bem desenvolvidos A. Já os mexilhões têm a cabeça extremamente reduzida, um pé relativamente pequeno, e a maior parte de seu corpo é representada pelo saco visceral B.

A concha é uma estrutura calcária resistente que atua como esqueleto, dando sustentação ao corpo do animal. Alguns moluscos, como a lesma e o polvo, não possuem concha. Quando presente, a concha pode ser externa (como nos caracóis, caramujos, mexilhões e ostras) ou interna (como na lula). As conchas externas podem ser formadas por uma só peça (conchas univalves, como nos caramujos e caracóis) ou por duas peças articuladas (conchas bivalves, como nos mexilhões e ostras).

A concha é fabricada pelo manto ou prega paleal, uma dobra da epiderme que envolve a massa visceral. Entre o manto e a concha, existe um espaço denominado cavidade do manto ou cavidade paleal, de paredes muito vascularizadas, que desempenha funções respiratórias, pois exerce a função de pulmões em moluscos terrestres, como os caracóis.

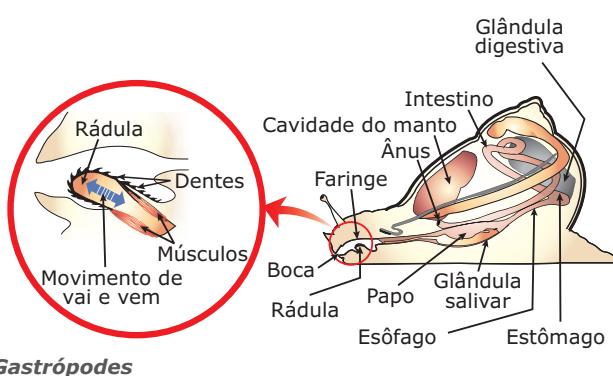
Desenho esquemático de um caracol

Diversificação

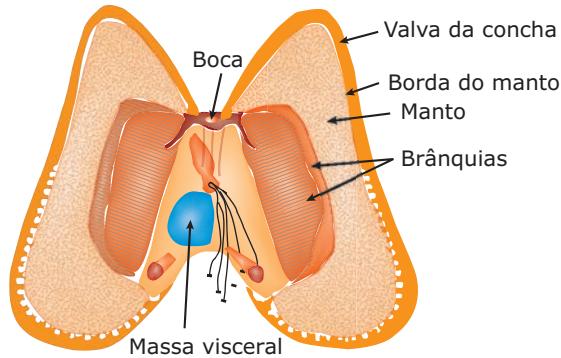
Os moluscos são muito diversificados em morfologia e tamanho, sendo encontrados nos mais variados ambientes. Há espécies terrestres, como os caracóis e as lesmas, e espécies aquáticas (dulcícolas e marinhas). Algumas espécies aquáticas são encontradas fixadas em rochas, como as ostras e os mariscos; outras são de natação livre, como lulas e polvos, que se deslocam por jato-propulsão. Existem ainda aquelas que vivem livremente no fundo, sobre a areia, como os caramujos.

Moluscos diversos

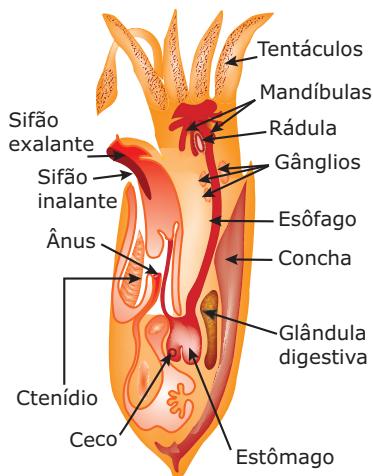
Os moluscos estão distribuídos em cinco classes principais:

Classe	Características	Exemplos
Gastropoda (Gastrópodes)	Marinhos, dulcícolas ou terrestres; concha univalve (1 peça) ou ausente; pé achatado em forma de palmilha que cobre toda a porção ventral da massa visceral.	Caramujos (aquáticos), caracóis (terrestres) e lesmas (sem concha).
Pelecypoda ou **Bivalvia (Pelicípodes** ou **Bivalves)**	Marinhos (maioria) ou dulcícolas; concha bivalve (2 peças); pé em forma de lâmina de machado; cabeça pouco desenvolvida.	Ostras, mariscos, mexilhões.
Cephalopoda (Cefalópodes)	Marinhos; concha ausente, interna ou externa; pés transformados em tentáculos ligados diretamente à cabeça.	Polvos (sem concha, oito tentáculos), lulas (concha interna, dez tentáculos), nautilus (concha externa).
Amphineura (Anfineuros)	Marinhos, corpo mole e protegido por oito placas calcárias sobrepostas como telhas.	Quíton.
Scaphopoda (Escafópodes)	Marinhos, corpo protegido por uma concha tubular.	*Dentalium.*

Características gerais

Os moluscos possuem sistema digestório formado por um tubo digestório completo e uma grande glândula digestiva (fígado). Nos moluscos pelecípodes (ostras, mariscos), também chamados de bivalves ou lamelobrânquios, há um mecanismo filtrador altamente especializado. Pelo batimento de cílios existentes nos palpos labiais que circundam a boca do animal, a água é impelida para a região bucal, trazendo partículas alimentares, que são aglutinadas por muco e descem para o estômago, como um fino "cordão alimentar".

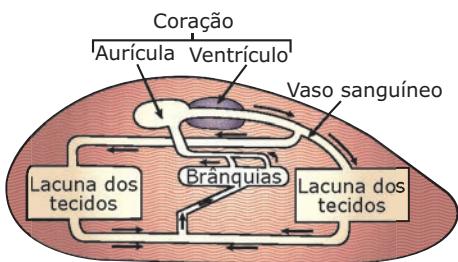
Pelecípode *– Filtração de alimentos pelas brânquias dos pelecípodos.*

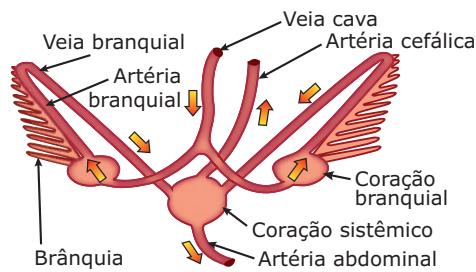
A maioria dos moluscos, com exceção apenas dos pelecípodes, possui na boca uma estrutura formada por dentes quitinosos (à semelhança de uma serra) e denominada rádula, que serve para triturar o alimento antes que o mesmo seja repassado ao estômago.

Nos gastrópodes, como caracóis e caramujos, o esôfago apresenta uma dilatação, o papo, destinada a armazenar alimentos. Nesses animais, além da grande glândula digestiva (fígado), também existem glândulas salivares.

Gastrópodes

Nos cefalópodes, há um forte par de mandíbulas, em forma de bico, usado para captura de presas (geralmente crustáceos) e perfuração de suas carapaças. Os cefalópodes também possuem glândulas salivares.

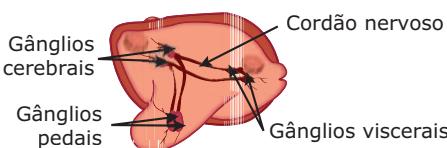
A respiração dos moluscos pode ser cutânea (como acontece, por exemplo, com as lesmas terrestres), branquial (na maioria dos moluscos) e pulmonar (como acontece, por exemplo, com os caracóis).

Aspecto interno do mexilhão (molusco pelecípode), com as valvas da concha separadas *– Abaixo da concha, encontra-se o manto ou páleo, que envolve a massa visceral e que secreta a concha. A cavidade delimitada pelo manto denomina-se cavidade do manto.*

Afastando as valvas (peças que formam a concha), vemos as brânquias delgadas em forma de lamelas (por isso, o antigo nome de lamelobrânquios desses moluscos). Repare que são brânquias internas, alojadas na cavidade do manto, no interior da concha. Nesses moluscos, as brânquias desempenham dupla função: retiram oxigênio dissolvido na água (como qualquer brânquia) e filtram partículas alimentares e algas verdes microscópicas, que são, em seguida, conduzidas à boca. Por essa razão, os pelecípodes são considerados "animais filtradores".

Aspecto interno da lula (cefalópode) *– Nos moluscos cefalópodes, as brânquias são internas e têm um aspecto que lembra uma pena. Essas brânquias recebem o nome especial de ctenídios.*

Moluscos pulmonados *– Nos chamados "moluscos pulmonados", como o caracol, a cavidade do manto, cujas paredes são muito vascularizadas, funciona como um esboço de pulmão ou "pulmão primitivo". As trocas gasosas se realizam entre o ar presente na cavidade do manto e a extensa rede de vasos do sistema circulatório existente em suas paredes.*

Os moluscos já possuem sistema circulatório, que pode ser aberto (maioria dos moluscos) ou fechado (moluscos cefalópodes). O coração tem um ventrículo e uma (ou duas) aurícula(s) e está localizado no interior de uma cavidade, a cavidade pericárdica. Essa cavidade é, na realidade, o que restou do celoma embrionário, que no animal adulto é preenchido pelos diversos órgãos internos.

Sistema circulatório aberto dos moluscos pelecípodes *– O sangue rico em O_2 sai do coração através de uma artéria (grande vaso dorsal) e é levado às lacunas dos tecidos (hemoceles), onde banha as células, deixando para elas o O_2 e recebendo delas o CO_2. O sangue, então rico em CO_2, retorna para o interior de vasos sanguíneos (veias), sendo levado até as brânquias. Nas brânquias, o sangue deixa o CO_2 e recebe o O_2. Das brânquias, o sangue oxigenado (rico em O_2) é levado ao coração. Assim, a trajetória do sangue na circulação aberta desses animais é: Coração → artéria → lacunas dos tecidos → veias → brânquias → coração.*

Nos moluscos cefalópodes, além do coração principal, existem também dois corações branquiais que auxiliam no mecanismo da circulação. Veja o esquema a seguir:

Circulação fechada nos moluscos cefalópodes *– Nesses moluscos, o sangue rico em O_2 sai do coração principal através das artérias cefálica e abdominal e chega aos diferentes tecidos do corpo do animal. Nos tecidos, no nível dos capilares, o O_2 difunde-se para as células, atravessando as paredes dos capilares, enquanto o CO_2 produzido nas células faz uma trajetória inversa (difunde-se dos tecidos para o interior dos capilares). O sangue, então rico em CO_2, é conduzido aos corações branquiais que, ao se contraírem, mandam-no para as brânquias, onde ocorre a troca de gases (liberação do CO_2 e absorção do O_2). Das brânquias, o sangue, novamente rico em O_2, é conduzido, através das veias branquiais, para o coração principal. Assim, a trajetória do sangue na circulação fechada dos cefalópodes é: Coração → artérias → capilares dos tecidos → corações branquiais → brânquias → veias → coração.*

No plasma sanguíneo dos moluscos, podemos encontrar dois tipos de pigmentos respiratórios, isto é, pigmentos transportadores de gases respiratórios (O_2 e CO_2). Na maioria dos moluscos, o pigmento respiratório é a hemocianina, que possui cobre (Cu) em sua composição química e apresenta coloração azul. Algumas poucas espécies de moluscos podem ter o pigmento hemoglobina, que possui ferro (Fe) em sua composição química e apresenta cor vermelha.

O sistema excretor dos moluscos é constituído por um par de nefrídios (alguns autores já consideram um "rim primitivo"), que retiram as excretas nitrogenadas da cavidade pericárdica e as enviam para o meio externo.

O sistema nervoso é ganglionar, sendo constituído por diversos pares de gânglios, localizados em diferentes partes do corpo. Os principais são os gânglios cerebroides (cerebrais), localizados na região da cabeça, de onde partem nervos para os principais órgãos dos sentidos (olhos, tentáculos, etc.). Existem ainda os gânglios pedais (localizados nos pés) e os gânglios viscerais (localizados no saco visceral).

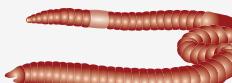
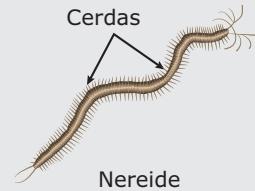
Sistema nervoso ganglionar dos moluscos *– Os diferentes pares de gânglios estão unidos entre si através de cordões nervosos.*

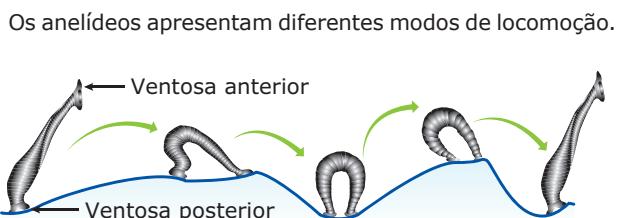
Quanto ao **sexo**, a maioria das espécies de moluscos é dioica (sexos separados), existindo, entretanto, algumas espécies monoicas (hermafroditas), como é o caso dos caracóis e caramujos. Nesses gastrópodes monoicos, há uma única gônada (glândula sexual) hermafrodita, denominada ovoteste (ovotestis), que produz óvulos e espermatozoides em épocas diferentes, o que normalmente impede a ocorrência da autofecundação. Entretanto, em alguns caramujos de água doce, como o *Biomphalaria glabrata*, num mesmo indivíduo, a glândula ovoteste produz, lado a lado, óvulos e espermatozoides, criando, então, condições para a ocorrência da autofecundação, que se verifica normalmente quando os caramujos são mantidos em isolamento. No entanto, quando colocados em contato uns com os outros, a prática preferencial é a fecundação cruzada. Isso significa que espermatozoides estranhos (vindos de outro caramujo) podem alcançar os óvulos antes que esses sejam fecundados pelos espermatozoides do próprio caramujo. Nos polvos e nas lulas, o macho usa um dos tentáculos (modificado, chamado heterocótilo) para transferir uma bolsa de esperma (espermatóforo) para a fêmea.

A reprodução, portanto, é sexuada por fecundação, que pode ser externa (ostras, mariscos) ou interna (gastrópodes, cefalópodes), e o desenvolvimento pode ser direto (maioria dos gastrópodes, cefalópodes) ou indireto (alguns gastrópodes, pelecípodes).

ANELÍDEOS

Os anelídeos (do latim *annellus*, anel) são metazoários bilatérios, segmentados, triblásticos, celomados e protostômios.

O corpo é filamentar, alongado e dividido em segmentos ou metâmeros (do grego *meta*, sucessão; *meros*, parte), chamados de anéis. A segmentação ou metamerização (metameria) externa corresponde à interna, uma vez que cada anel possui uma cavidade (celoma) que abriga diversos órgãos individualizados (músculos, gânglios nervosos, órgãos excretores, órgãos reprodutores). O corpo dos anelídeos, portanto, pode ser considerado uma sucessão de segmentos iguais, cada um contendo unidades dos diversos sistemas de órgãos. Os anelídeos também são conhecidos por "vermes segmentados".

Podem ser terrestres, marinhos ou dulcícolas, com tamanho que pode variar de poucos milímetros até 2 metros ou mais de comprimento.

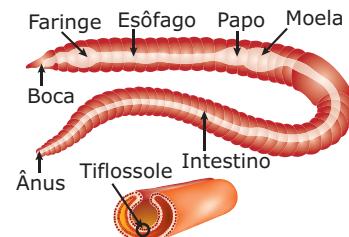
A epiderme é delgada, constituída por um epitélio simples, com glândulas mucosas, recoberto por uma cutícula lisa e permeável.

Podem apresentar ou não cerdas, que são estruturas filiformes, constituídas de quitina, que servem para a fixação do animal em um substrato e também o auxiliam na locomoção.

Diversificação

A presença ou não de cerdas bem como a quantidade destas foram os critérios usados para se dividir os anelídeos em três classes: Achaeta (Hirudinea), Oligochaeta e Polychaeta.

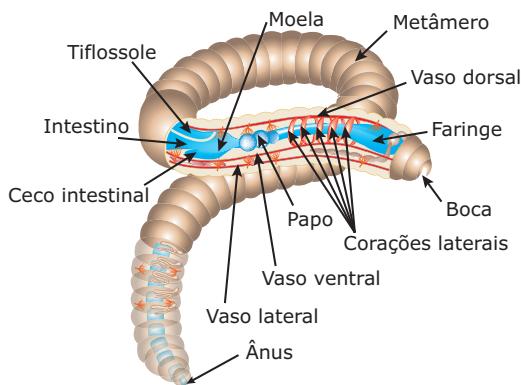
Classe Achaeta ou Hirudinea (aquetos, hirundíneos)	Classe Oligochaeta (oligoquetos)	Classe Polychaeta (poliquetos)
Sem cerdas; corpo achatado; com duas ventosas localizadas ventralmente (anterior e posterior) para fixação e locomoção; terrestres (solos úmidos) ou aquáticos (marinhos ou dulcícolas); monoicos; fecundação cruzada e interna; desenvolvimento direto. Exemplo: sanguessuga (*Hiruda medicinalis*).	Poucas cerdas; cabeça pouco diferenciada; terrestres e dulcícolas; monoico; fecundação cruzada e externa; desenvolvimento direto. Exemplo: minhoca-mansa ou minhoca europeia (*Lumbricus terrestris*) e minhocuçu (*Glossoscolex giganteus*).	Muitas cerdas implantadas em expansões laterais do corpo denominadas parapódios (parapodos); marinhos (maioria); dioicos; fecundação cruzada e externa; desenvolvimento indireto com larva trocófora. Exemplo: Palolo (*Eunice viridis*) e *Nereis viren*.
Sanguessuga	Minhoca	Cerdas Nereide

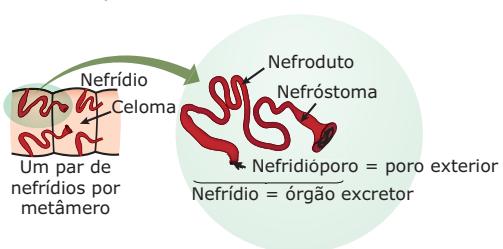
Exemplos de anelídeos

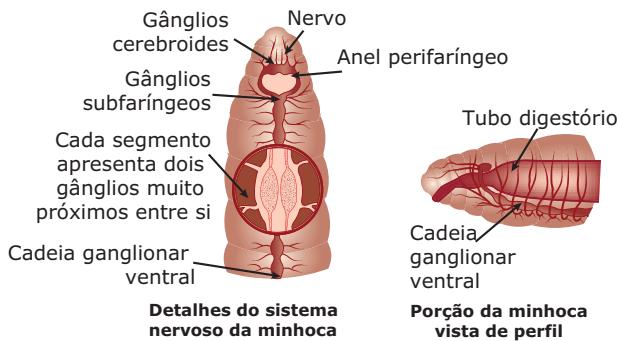
Os anelídeos apresentam diferentes modos de locomoção.

Locomoção da sanguessuga *– As sanguessugas locomovem-se por alongamento e fixação das ventosas. Com uma das ventosas presa ao substrato, o animal estende-se e fixa a outra ventosa. Desprende, então, a primeira ventosa e contrai o corpo, alongando-se novamente, e assim por diante. Esse tipo de locomoção das sanguessugas é conhecido como "mede-palmos".*

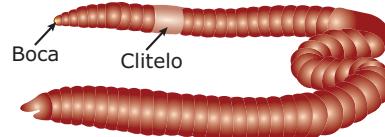
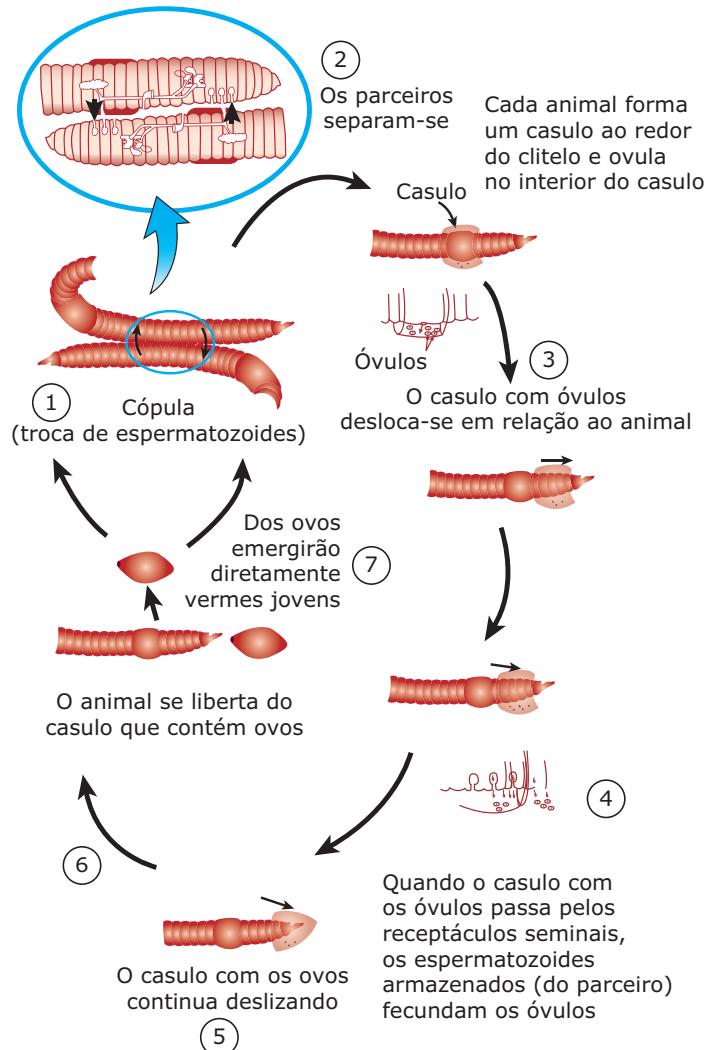
As minhocas locomovem-se por contrações musculares e devido à pressão do líquido celomático. No celoma, há um líquido, constituído principalmente por água, que desempenha um importante papel hidrostático na locomoção e manutenção da forma do corpo do animal (por isso se diz que esses anelídeos possuem um esqueleto hidrostático).

Nos poliquetos, a locomoção se faz com a participação de expansões dermomusculares laterais, os parapódios, que servem como patas ou remos (na natação) e, portanto, auxiliam a locomoção do animal. Alguns poliquetos vivem enterrados na areia ou no interior de tubos que eles mesmos constroem, sendo, por isso, chamados de anelídeos tubícolas.

Características gerais

Os anelídeos possuem sistema digestório constituído por um tubo digestório completo que se estende por todo o corpo do animal.

Lumbricus terrestris *(minhoca)* *– Na minhoca, um típico representante dos anelídeos, o tubo digestório compõe-se de boca, faringe, esôfago, papo, moela, intestino com tiflossole (dobra da parede intestinal que serve para aumentar a superfície de absorção de nutrientes) e ânus. Os detritos presentes no solo são ingeridos pela boca, pela ação sugadora da faringe, e encaminhados ao papo. O papo é uma dilatação do esôfago, onde o alimento é armazenado temporariamente, e a moela é um estômago mecânico, onde o alimento é triturado com ajuda de pequenos grãos de areia nela presentes.*

A respiração dos anelídeos pode ser cutânea (maioria) ou branquial (nos poliquetos tubícolas existem brânquias externas). Em certos poliquetos, alguns parapódios podem modificar-se, tornando-se altamente vascularizados e participando de modo efetivo nas trocas gasosas, como verdadeiras brânquias.

O sistema circulatório é fechado. O mais importante pigmento respiratório é a hemoglobina, encontrada dissolvida no plasma. Em alguns poliquetos, há também um pigmento respiratório de coloração verde, a clorocruorina.

Aspectos morfológicos dos sistemas digestório e circulatório de uma minhoca *– Nas minhocas, a impulsão do sangue é feita pela contração de cinco pares de corações laterais, situados ao redor do esôfago.*

O sistema excretor é constituído por nefrídios. Há um par de nefrídios por segmento do corpo. Esses nefrídios recolhem as excretas nitrogenadas da cavidade celomática e as conduzem para o meio externo.

O sistema nervoso é ganglionar. Existem dois gânglios cerebrais e um grande gânglio subfaríngeo, ligados por um anel nervoso ao redor da faringe. Do gânglio subfaríngeo, sai um longo cordão nervoso ventral que faz conexão com uma cadeia ganglionar ventral (um par de gânglios por segmento).

Sistema nervoso ganglionar de uma minhoca *– Os gânglios cerebroides estabelecem o controle geral do organismo, enquanto os gânglios ventrais "comandam" as contrações musculares dos segmentos. Cada par de gânglios ventrais comanda as contrações musculares de um segmento e tem conexão com o segmento seguinte.*

Quanto ao sexo, os anelídeos podem ser monoicos (minhocas, sanguessugas) ou dioicos (poliquetos).

A reprodução sexuada é feita por fecundação cruzada, que pode ser externa (minhocas e poliquetos) ou interna (sanguessugas). A fecundação é cruzada mesmo nas espécies monoicas. Os oligoquetos (minhocas) possuem uma estrutura chamada clitelo, responsável pela fabricação de um casulo que participa da reprodução.

Clitelo *– O clitelo é uma região mais dilatada e mais clara que o resto do corpo, que ocupa os segmentos de números 14, 15 e 16, a partir da região anterior (boca). Uma minhoca adulta tem o corpo formado por 85 a 95 segmentos, todos aproximadamente do mesmo tamanho. No primeiro segmento, localiza-se a boca e, no último, abre-se o ânus.*

Fecundação nas minhocas *– Por ocasião da reprodução, duas minhocas sexualmente maduras se aproximam e unem suas superfícies ventrais, com suas extremidades*

anteriores opostas. O orifício genital masculino de uma fica em contato com os orifícios dos receptáculos seminais da outra e vice-versa. Cada um dos copulantes elimina seus espermatozoides nos receptáculos seminais do outro, onde ficam armazenados. Ocorre, então, a separação dos indivíduos; cada minhoca carrega, agora, os espermatozoides da outra. Os óvulos amadurecem nos ovários, passam para o oviduto e são eliminados, através dos poros genitais femininos, em um casulo, que foi secretado pelo clitelo. O casulo, um tubo que envolve a região clitelar, desloca-se para a extremidade anterior do animal. Quando passa pelos poros dos receptáculos seminais, os espermatozoides são eliminados sobre os óvulos e estes são, então, fecundados. O casulo continua deslizando, sai do corpo da minhoca e fecha-se nas extremidades. Mais tarde, os ovos, dentro do casulo, desenvolvem-se dando origem a minhocas jovens. Não há estágio larval.

O desenvolvimento pode ser direto (minhocas e sanguessugas) ou indireto (poliquetos), com uma larva ciliada denominada trocófora.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC-SP) Assinale a característica que **NÃO** pode ser atribuída aos anelídeos.

A) Sexos separados

B) Respiração branquial

C) Corpo segmentado

D) Ausência de aparelho circulatório

E) Sistema nervoso ganglionar

02. (UFMG) Vertebrados, anelídeos e alguns moluscos possuem sistema circulatório fechado e hemoglobina como pigmento respiratório.

Nos anelídeos, a hemoglobina está localizada

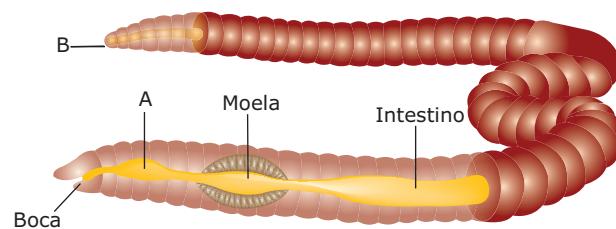
A) nas plaquetas.

B) no líquido intersticial.

C) no plasma.

D) nos corpúsculos.

E) nos glóbulos vermelhos.

03. (UFPI) Os moluscos constituem um grupo abundante e diversificado de animais que apresentam corpo mole, com ou sem concha, simetria bilateral, sendo triblásticos e celomados. Aponte a alternativa que indica **CORRETAMENTE** todos os possíveis hábitats desses animais.

A) Ambientes aquáticos e terrestres

B) Ambiente marinho

C) Ambientes aquáticos: marinho e dulcícola

D) Ambientes marinho e terrestre

E) Ambientes dulcícola e terrestre

04. (UFSC) Mexilhão, marisco e ostra-de-pobre são alguns dos nomes populares do molusco *Perna perna*, de grande ocorrência no litoral de Santa Catarina. As populações locais consomem o molusco na sua alimentação e há interesse no seu cultivo comercial, devido ao seu alto teor nutritivo. Os moluscos apresentam

01. corpo mole, geralmente protegido por concha.

02. tentáculos em algumas espécies.

04. sistema circulatório aberto ou fechado.

08. concha univalve ou bivalve.

16. vida livre ou sedentária.

32. vida aquática ou terrestre.

Soma (   )

05. (UFSCar-SP) A minhoca é um anelídeo comum em vários ecossistemas. Apresenta um sistema digestório como o desenho ilustra.

Sobre a digestão que ocorre nesses animais, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. O alimento ingerido fica armazenado em A, que é o estômago.

02. A moela serve para triturar alimentos mais resistentes.

04. Na moela, o processo de digestão é mecânico.

08. No intestino, ocorre digestão química.

16. Em B, tem-se o ânus, que elimina fezes que acabam por fertilizar o solo.

32. O sistema digestório desses animais é do tipo incompleto.

64. A digestão é apenas intracelular.

Soma (   )

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFBA) A rádula nos moluscos é uma estrutura relacionada com o sistema

A) digestório.
B) excretor.
C) reprodutor.
D) respiratório.
E) circulatório.

02. (UFC) Indique a alternativa que contém somente seres vivos que apresentam os sistemas circulatórios abertos.

A) Polvos, lulas e mariscos
B) Ostras, lulas e mariscos
C) Mexilhões, lulas e polvos
D) Mariscos, mexilhões e ostras

03. (FGV-SP) Os moluscos bivalves (ostras, mexilhões) são organismos economicamente importantes como fonte de alimento para o homem, por possuirem alto valor nutritivo. Eles conseguem filtrar grandes volumes de água em poucas horas, daí serem chamados "organismos filtradores", mas, em consequência, podem acumular, no seu trato digestivo, altas concentrações de micro-organismos e compostos químicos eventualmente presentes na água onde vivem, assim pondo em risco a saúde pública e exercendo grande impacto social e econômico nas áreas de sua criação.

Assinale a afirmação **CORRETA**.

A) Os moluscos não possuem sistema digestório.
B) Os moluscos não possuem sistema nervoso ganglionar.
C) Os mexilhões possuem concha com apenas uma valva.
D) Nos mexilhões, as brânquias têm função respiratória e importante papel na nutrição.
E) Os moluscos são sempre hermafroditas.

04. (Unifor-CE) No processo reprodutivo do caracol de jardim, dois indivíduos se aproximam e unem seus poros genitais situados próximos à cabeça, havendo uma troca recíproca de espermatozoides. Qual alternativa da tabela a seguir está de acordo com esse relato?

	Reprodução		Indivíduos		Fecundação	
	Assexuada	Sexuada	Monoicos	Dioicos	Externa	Interna
A)	x			x	x	
B)	x			x		x
C)		x		x		x
D)		x	x			x
E)		x	x		x	

05. (Unisa-SP) A respiração dos moluscos é

A) exclusivamente branquial.
B) cutânea, branquial e pulmonar.
C) traqueal e pulmonar.
D) apenas cutânea e branquial.
E) apenas cutânea.

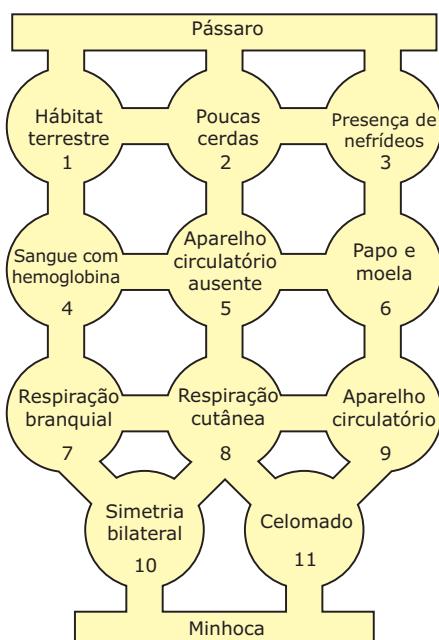
06. (PUC-SP) Os anelídeos são animais com o corpo formado por muitos segmentos ou metâmeros e que apresentam como característica obrigatória

A) hábitat aquático.
B) sistema excretor com um par de nefrídeos por segmento.
C) respiração branquial.
D) hermafroditismo.
E) um par de cerdas quitinosas por segmento.

07. (FCC-SP) Se você escavasse a areia da praia e encontrasse um animal segmentado, cuja cabeça tivesse tentáculos e cujos anéis apresentassem cerdas e brânquias, diria tratar-se de um

A) asquelminto.
B) poliqueto.
C) oligoqueto.
D) hirudíneo.
E) platelminto.

08. (VUNESP-SP) Todos os anelídeos têm em comum

A) o hábitat.
B) as ventosas.
C) a segmentação.
D) os parapódios.
E) as cerdas.

09. (UFAC) Sobre as trocas gasosas nos anelídeos terrestres, pode-se afirmar que elas ocorrem

A) pelos corações laterais.
B) através de seu sistema respiratório.
C) por intermédio de adaptações do seu tubo digestivo.
D) diretamente entre a epiderme e o meio.
E) quase sempre na cavidade celômica.

10. (UFV-MG) Considerando as minhocas e as sanguessugas, é **CORRETO** afirmar que

A) pertencem à mesma classe, pois possuem o corpo formado por anéis.
B) a presença de cerdas pode diferenciar a minhoca da sanguessuga.
C) possuem sistema circulatório aberto e são organismos acelomados.
D) apresentam apenas reprodução assexuada e desenvolvimento indireto.
E) possuem o corpo cilíndrico sem segmentação verdadeira.

11. (VUNESP-SP) Observe o esquema.

Suponha que o pássaro, se quiser comer a minhoca, tenha que passar por seis círculos que contenham pistas (informações) com características desse anelídeo, não podendo pular nenhum círculo. Um caminho **CORRETO** a ser percorrido é

A) 2, 3, 6, 9, 8 e 11.

B) 2, 3, 6, 5, 8 e 11.

C) 1, 4, 7, 8, 9 e 11.

D) 2, 3, 6, 5, 8 e 10.

E) 3, 2, 1, 4, 7 e 10.

12. (Mackenzie-SP)

Indique a explicação **CORRETA** para o fenômeno observado na tira.

A) O sal provoca uma reação alérgica no caramujo, resultando na sua desidratação.

B) A pele do caramujo reage com o sal, formando um composto instável que rompe as células.

C) O sal é absorvido pelas células da pele do caramujo, cujo citoplasma se torna mais concentrado, provocando perda de água pelas células.

D) O sal provoca a desintegração das membranas celulares do caramujo.

E) O sal se dissolve no muco que recobre o corpo do caramujo, tornando-se uma solução hipertônica, o que provoca a saída de água do corpo por osmose.

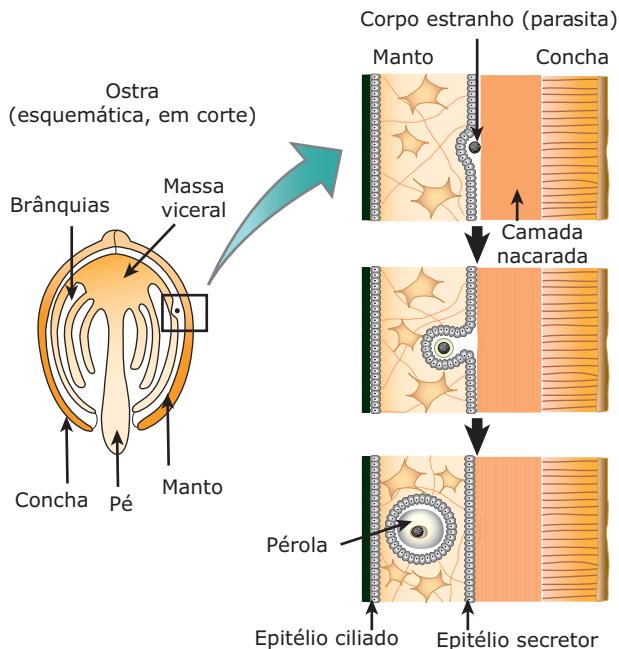
13. (Unicamp-SP) Alguns moluscos têm importância sanitária. Um exemplo comprovado é o do planorbídeo *Biomphalaria glabrata*, que está relacionado ao ciclo de uma doença que atinge os humanos. Por outro lado, ainda não foi comprovado se *Acathina fulica* está relacionada com a incidência de meningoencefalite. Esse gastrópode foi introduzido no Brasil, sem estudos prévios, visando a substituir com vantagens o *escargot* (molusco utilizado como alimento).

A) A qual doença os caramujos *Biomphalaria* estão relacionados? Qual o papel dos caramujos no ciclo dessa doença? Em que ambiente ocorre a contaminação dos humanos?

B) *Acathina fulica* está aumentando rapidamente e está destruindo a vegetação de algumas regiões. **DÊ** uma explicação, do ponto de vista ecológico, para essa proliferação.

SEÇÃO ENEM

01. Leia o texto a seguir: "As minhocas alimentam-se de detritos ingeridos juntamente com a terra em que vivem. Suas fezes são depositadas na superfície do substrato e contribuem pra a formação do húmus, composto que contém muitos nutrientes e micro-organismos benéficos, que melhoram o estado nutricional das plantas. Em solo com húmus as plantas passam a ter mais resistência contra pragas e doenças, proporcionando melhores safras e índice de produtividade."

LOPES, S. *Bio 2*. São Paulo: Saraiva, 2006.

O texto refere-se a animais que apresentam as seguintes características:

A) diblásticos, celomados, segmentados e deuterostômios.

B) triblásticos, pseudocelomados, segmentados, protostômios.

C) triblásticos, celomados, segmentados, protostômios.

D) triblásticos, pseudocelomados, segmentados, protostômios.

E) triblásticos, acelomados, segmentados, deuterostômios.

02. Os moluscos têm grande importância econômica. Muitos são fontes de alimento para o homem, como é o caso das ostras, mexilhões, mariscos, "esgargot" (caracol comestível), polvos, lulas etc. Alguns também têm importância econômica por serem responsáveis pela produção das pérolas naturais. As pérolas são produzidas por moluscos bivalves. Os produtores de pérolas mais importantes são espécies do gênero *Ostrea* da classe Pelecipoda, também conhecidas por ostras perlíferas.

As pérolas começam a se formar quando grãos de areia ou parasitas penetram no corpo do molusco e se alojam entre a concha e o manto. Ocorre, então, a fabricação, ao redor do corpo "invasor", de uma série de camadas de nacarada (nácar, madrepérola), substância rica em carbonato de cálcio, procurando, assim, isolar o "intruso".

Formação da pérola

A formação da pérola

A) é um processo de filtração da água e nutrição realizado pelos moluscos pelecípodes.

B) causa rapidamente a morte do molusco porque impede a troca de gases respiratórios realizada nas brânquias.

C) é um mecanismo natural de defesa realizado por moluscos bivalves contra a penetração de elementos estranhos em seu corpo.

D) é um processo natural de defesa contra corpos estranhos que faz parte obrigatória do ciclo de vida dos moluscos do gênero *Ostrea*.

E) é uma defesa realizada pela concha da ostra para impedir a penetração de elementos estranhos no corpo do molusco.

GABARITO

Fixação

01. D
02. C
03. A
04. Soma = 63
05. Soma = 30

Propostos

01. A
02. D
03. D
04. D
05. B
06. B
07. B
08. C
09. B
10. B
11. A
12. E
13. A) Os caramujos *Biomphalaria* estão relacionados com a esquistossomose (barriga-d'água, xistose). No ciclo dessa doença, os caramujos funcionam como hospedeiros intermediários. A contaminação dos humanos se dá em ambientes aquáticos dulcícolas (água doce), com águas lênticas (sem correnteza), como lagoas e represas.

    B) Do ponto de vista ecológico, a proliferação rápida pode ter como causa, por exemplo, a ausência, no ambiente, de predadores ou competidores naturais.

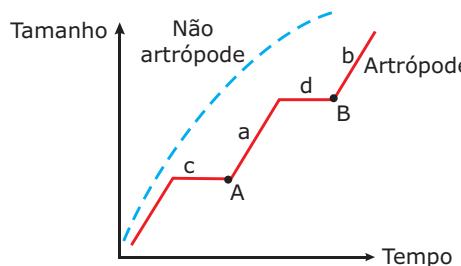
Seção Enem

01. C
02. C

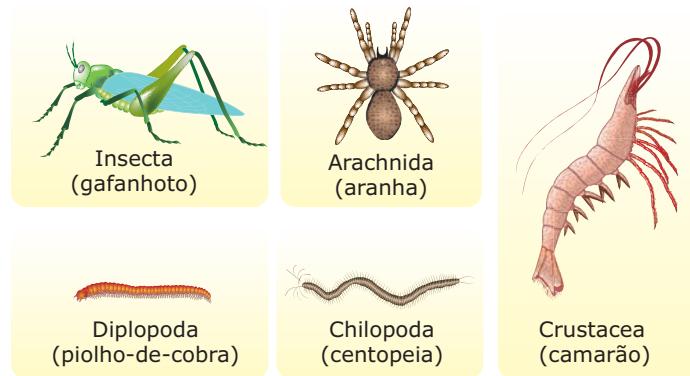
BIOLOGIA

Artrópodes

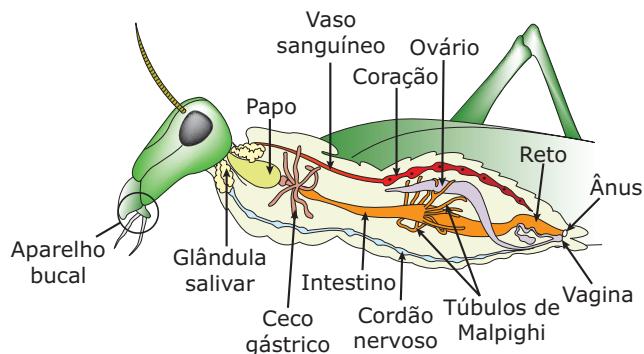
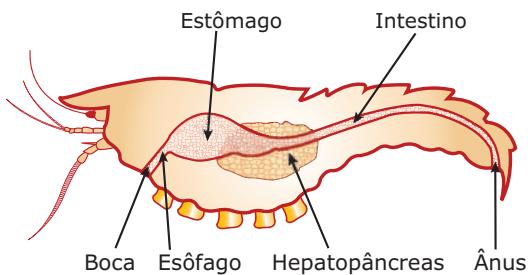
MÓDULO 12 FRENTE C

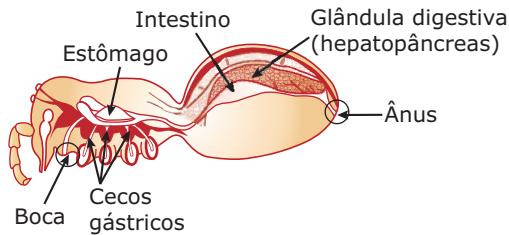
CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os artrópodos ou artrópodes (do grego, *arthron*, articulação; *podos*, pés) constituem o grupo mais numeroso de animais (mais de 1 milhão de espécies) adaptados aos mais variados ambientes e modos de vida.

São metazoários bilatérios, triblásticos, celomados, protostômios e os primeiros animais providos de apêndices locomotores articulados.

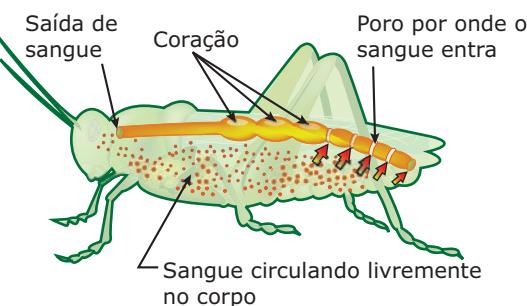
Possuem morfologia e tamanho variados, existindo desde espécies microscópicas, planctônicas, até espécies de grandes dimensões, como o *Macrocheira*, um caranguejo encontrado no Mar do Japão, que chega a ter dois metros de envergadura.

Apresentam um exoesqueleto de quitina que, em alguns casos, como nos crustáceos, pode apresentar impregnação de sais de cálcio (carbonato de cálcio), o que o torna mais rígido.

O crescimento se faz por mudas ou ecdises. Na muda, o animal elimina o esqueleto velho, aumenta rapidamente em volume e produz um novo exoesqueleto, compatível com o seu novo tamanho. O exoesqueleto abandonado durante a muda é chamado de "casca" ou exúvia. As mudas são estimuladas por um hormônio, o ecdisona (hormônio da muda), produzido pelas glândulas ecdisiais ou protorácicas, também conhecidas por glândulas da muda, localizadas na região anterior do tórax do animal. O ecdisona é lançado no sistema circulatório do animal e vai determinar o despojamento da camada superficial da epiderme e do exoesqueleto, ocorrendo, então, a muda.

***Crescimento nos artrópodes** – O gráfico faz uma comparação entre o crescimento dos artrópodes e o dos animais não artrópodes, sem esqueleto ou com esqueleto interno. No gráfico, os pontos **A** e **B** indicam a ecdise (perda do exoesqueleto). Os segmentos **a** e **b** indicam fases de grande crescimento que ocorrem enquanto não foi produzido ainda o novo esqueleto. Os segmentos **c** e **d** indicam fases de intermudas, sem aumento de tamanho.*

O filo dos artrópodes compreende cinco grandes classes: **Insecta** (insetos), **Arachnida** (aracnídeos), **Crustacea** (crustáceos), **Chilopoda** (quilópodes) e **Diplopoda** (diplópodes).

Exemplos de animais do Filo Arthropoda, não representados na mesma escala.

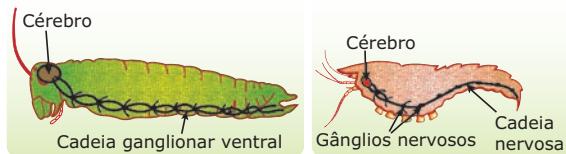
Os artrópodes são animais segmentados, isto é, têm o corpo dividido em segmentos ou metâmeros que, na maioria das espécies, se fundem, formando unidades funcionais denominadas tagmas. A cabeça, o tórax e o abdome dos insetos são exemplos de tagmas. Em crustáceos e aracnídeos, a cabeça e o tórax também se fundem durante o desenvolvimento embrionário, originando uma estrutura denominada cefalotórax. Alguns aracnídeos, como os escorpiões, também possuem o pós-abdome.

Os artrópodes possuem sistema digestório constituído por tubo digestório completo e glândulas anexas.

Desenho esquemático de um inseto *– Nos insetos, o sistema digestório é formado por boca, faringe, glândulas salivares, papo, moela (estômago mecânico), estômago químico, intestino e ânus. No estômago químico, desembocam vários cecos gástricos, tubos de fundo cego que produzem enzimas digestivas.*

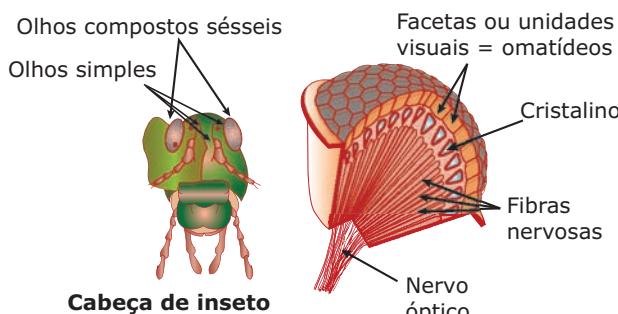
Desenho esquemático de um crustáceo *– Nos crustáceos, o estômago possui em seu interior dentes fortemente calcificados que formam o "moinho gástrico" ou molinete e são utilizados para triturar os alimentos. Também possuem uma glândula digestiva, conhecida por hepatopâncreas.*

Desenho esquemático de um aracnídeo *– Nos aracnídeos, à semelhança do que ocorre nos insetos, o estômago também faz comunicação com cecos gástricos. Após o estômago, está o intestino, onde se abrem os dutos de uma grande glândula digestiva, o hepatopâncreas.*

Alguns aracnídeos (como as aranhas) e alguns insetos (como certas espécies de moscas) também fazem a digestão extracorpórea. As aranhas, por exemplo, injetam sucos digestivos no corpo de suas presas e, depois que os órgãos e tecidos internos da presa são digeridos, sugam os nutrientes, que serão, então, absorvidos no intestino.

A respiração mais frequente é a traqueal, sendo realizada por insetos, aracnídeos, quilópodes e diplópodes. Alguns aracnídeos, como os ácaros, fazem a respiração cutânea. Em alguns também ocorre a respiração filotraqueal ou pulmotraqueal. Crustáceos e formas jovens (ninfas) de certos insetos fazem respiração branquial.

O sistema circulatório é aberto (lacunar). O coração é dorsal e há poucos vasos.

Circulação aberta em insetos

Pode haver ou não pigmentos respiratórios. Nos insetos, quilópodes e diplópodes, o "sangue" é incolor e não possui pigmentos respiratórios. Nos crustáceos, há hemocianina (pigmento respiratório de cor azulada), também existente nos aracnídeos que fazem a respiração filotraqueal.

A excreção pode ser feita através de túbulos de Malpighi (insetos, aracnídeos, quilópodes e diplópodes), de glândulas verdes ou antenais (crustáceos) e de glândulas coxais ou femurais (aracnídeos).

O sistema nervoso é ganglionar, constituído por gânglios cerebrais que se fundem formando um "cérebro" primitivo. Deste, parte um cordão nervoso ventral que faz conexão com uma cadeia ganglionar ventral.

Sistema nervoso dos artrópodes

Nos artrópodes, há uma alta especialização quanto aos órgãos e estruturas sensoriais. Existem estatocistos (equilíbrio), olhos simples ou ocelos (percepção de intensidade luminosa), olhos compostos (que permitem a formação de imagens), órgãos auditivos, táteis e olfativos.

Os ocelos ou olhos simples aparecem em todas as classes dos artrópodes, enquanto os olhos compostos, constituídos por unidades denominadas omatídios, só ocorrem nos insetos e em muitos crustáceos.

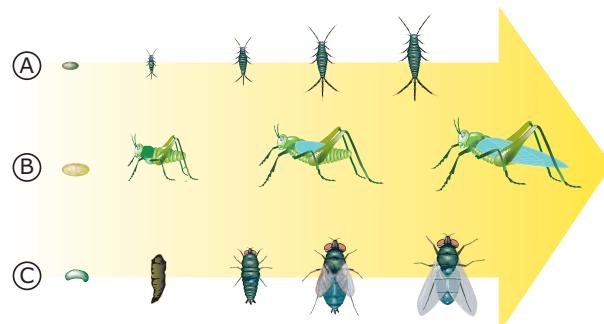
Esquema do olho composto dos artrópodes *– Esses olhos compostos têm a forma de um cone de base convexa voltada para fora, constituída de várias unidades chamadas omatídios. Cada omatídio, quando sensibilizado pela luz, permite a formação de apenas um ponto do campo visual total. Assim, a visão total depende da formação de muitos "pontos-imagens", tantos quantos forem os omatídios estimulados. Por isso, diz-se que esses animais possuem visão em mosaico.*

Com exceção apenas dos aracnídeos, os artrópodes possuem antenas. Insetos, quilópodos e diplópodos são animais díceros (possuem um par de antenas), enquanto os crustáceos são tetráceros (possuem dois pares de antenas). Nas antenas, são encontrados receptores táteis e olfativos.

Quanto ao sexo, os artrópodes são, em sua grande maioria, dioicos com dimorfismo sexual, existindo, entretanto, alguns crustáceos monoicos.

A reprodução normalmente é sexuada por fecundação cruzada e interna, sendo que, em algumas espécies, também pode ocorrer o fenômeno da partenogênese.

O desenvolvimento pode ser direto (alguns insetos, aranhas, escorpiões, quilópodes, diplópodes) ou indireto (muitas espécies de insetos, crustáceos).

A seguir, veremos alguns detalhes e características específicas das diferentes classes de artrópodes.

INSETOS

São artrópodes que têm o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, são díceros (um par de antenas), hexápodes (3 pares de patas), fazem a respiração traqueal, e a excreção ocorre através dos túbulos de Malpighi.

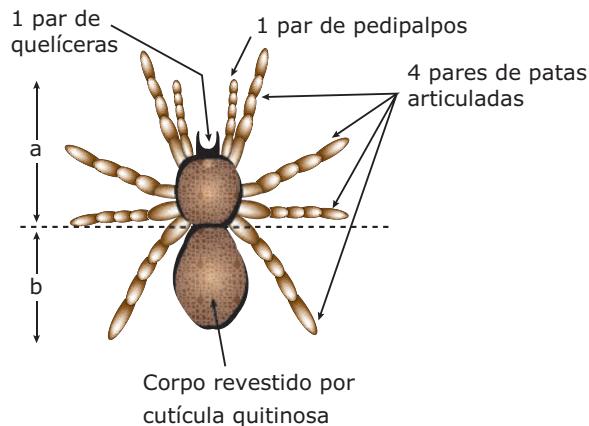
Podem ser ápteros (sem asas), dípteros (um par de asas) ou tetrápteros (dois pares de asas).

Os insetos são dioicos, sendo comum o dimorfismo sexual. A fecundação é interna, e o desenvolvimento pode ser direto (insetos ametábolos) ou indireto (insetos hemimetábolos e holometábolos).

A) **Insetos ametábolos** – São aqueles que não sofrem metamorfose, isto é, não mudam de forma durante o seu desenvolvimento. O ovo eclode e libera um indivíduo jovem morfologicamente semelhante ao adulto (imago). Exemplo: traças.

B) **Insetos hemimetábolos** – Têm metamorfose incompleta ou parcial. O ovo eclode e libera uma forma jovem, denominada ninfa, ligeiramente diferente do adulto. A ninfa é destituída de asas e órgãos sexuais desenvolvidos; à medida que as mudas ou ecdises se processam, a ninfa transforma-se na forma adulta, isto é, no imago. Exemplos: baratas, grilos, louva-a-deus, cigarras, barbeiros, pulgões.

C) **Insetos holometábolos** – Têm metamorfose completa ou total. O ovo eclode e libera uma forma jovem, chamada de larva, totalmente diferente do adulto. A larva realiza mudas até originar a pupa ou crisálida, uma forma dotada de poucos movimentos, que sofre profundas transformações até originar o inseto adulto. Exemplos: moscas, mosquitos, borboletas, mariposas, pulgas, bichos-de-pé, formigas, abelhas, marimbondos, besouros, vaga-lumes, joaninhas.

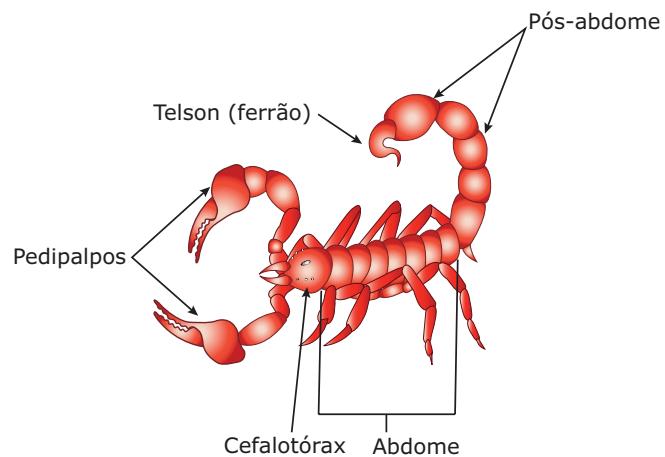
Desenvolvimento dos insetos *–* ***A.*** *Ametábolo (sem metamorfose): o indivíduo jovem que sai do ovo tem a mesma forma do adulto. Exemplo: traça.* ***B.*** *Hemimetábolo (com metamorfose parcial): do ovo, sai uma forma jovem, denominada ninfa, que morfologicamente difere um pouco do adulto. Exemplo: gafanhoto.* ***C.*** *Holometábolos (com metamorfose total): do ovo sai uma forma jovem, denominada larva, que é muito diferente do adulto e que ainda vai passar pela fase de pupa. Exemplo: mosca.*

ARACNÍDEOS

São artrópodes com cefalotórax e abdome (alguns, como os escorpiões, também possuem o pós-abdome), áceros (sem antenas), octópodos (4 pares de patas) e fazem respiração filotraqueal. Alguns, como as aranhas, também realizam a respiração traqueal, e outros, como os ácaros, fazem respiração cutânea. A excreção é feita pelos túbulos de Malpighi e pelas glândulas coxais.

Os principais aracnídeos são os araneídeos, os escorpionídeos e os ácaros.

Araneídeos

São todas as espécies de aranhas. Nesses animais, o primeiro par de apêndices articulados são as quelíceras (animais quelicerados), que assumem várias formas e servem para cortar o alimento fora da boca. Em algumas espécies, as quelíceras estão ligadas às glândulas de veneno e, nesse caso, constituem os órgãos inoculadores de veneno. O segundo par de apêndices articulados são os pedipalpos (palpos), que atuam como órgão sensorial e órgão de cópula (o macho introduz os espermatozoides na fêmea com o auxílio dos pedipalpos). Os quatro pares de apêndices articulados seguintes são as patas.

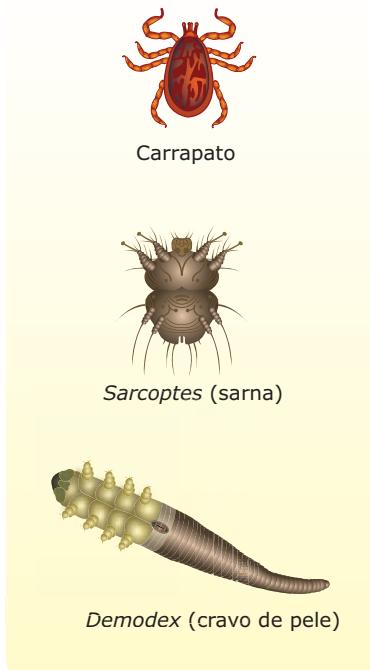
***a.** Cefalotórax; **b**. Abdômen.*

Na porção ventral do abdome das aranhas, estão localizadas as aberturas das filotraqueias e o poro genital. Posteriormente, ficam o ânus e as fiandeiras, que tecem os fios da teia a partir de material proteico produzido pelas glândulas de seda.

As aranhas são de vida livre, solitárias e predadoras, alimentando-se principalmente de insetos. Muitas espécies de aranhas têm veneno e a capacidade de picar, o que não quer dizer que o veneno sempre provoque reação em seres humanos. A picada da maioria das espécies é inofensiva para o homem. O veneno mata invertebrados rapidamente, e o de algumas espécies também é letal para pequenos vertebrados. No homem, a picada de algumas aranhas provoca fortes dores, espasmos musculares locais e generalizados, rubor (vermelhidão no local da picada) e outras complicações.

Escorpionídeos

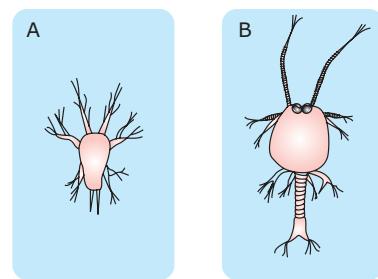
São os escorpiões, aracnídeos que possuem um ferrão (aguilhão) inoculador de veneno, também chamado de telson, localizado na extremidade final do pós-abdome (cauda). Neles, as quelíceras são pequenas, e os pedipalpos são desenvolvidos, terminando em grandes e fortes pinças preensoras.

Desenho esquemático de um escorpião

Os escorpiões preferem viver em regiões quentes e secas, escondendo-se durante o dia e saindo para caçar insetos durante a noite. São, portanto, animais de hábitos noturnos.

Alguns escorpiões, como o *Tityus serrulatus* (escorpião amarelo) e o *Tityus bahiensis* (escorpião marrom ou preto), possuem um veneno neurotóxico poderoso que provoca fortes dores no local da picada, hiperemia (vermelhidão) e pode trazer risco de morte, principalmente em crianças e idosos. O veneno pode levar a um desequilíbrio do sistema nervoso, transpiração excessiva, aumento da frequência cardíaca, agitação e vômitos. O tratamento é feito com analgésicos e soro antiescorpiônico.

Ácaros

São os carrapatos e outros parasitas da pele dos mamíferos, como o *Sarcoptes scabiei*, causador da escabiose ou sarna. A sarna é transmitida através do contato sexual, da coabitação com pessoas parasitadas, ao deitar-se em camas infestadas por larvas e, mais raramente, através do contato com pessoas infestadas em transportes coletivos superlotados.

Os carrapatos, além de sugarem o sangue dos hospedeiros, causando irritação na pele com prurido intenso, podem ser vetores de doenças, como a febre maculosa (doença de etiologia bacteriana que é transmitida pelos carrapatos).

Entre os acarinos (ácaros), também encontramos o *Demodex folliculorum,* parasita dos folículos pilosos, que causa uma inflamação conhecida como cravo da pele.

Alguns ácaros

Algumas das formas larvais do camarão* – *A. *nauplius, a primeira larva;* ***B.*** *zoé e* ***C.*** *o último estágio larval, mysis. Modificado de MULLER e HUXLEY.*

Os crustáceos podem ser subdivididos em dois grupos: **entomostráceos** e **malacostráceos.**

Daphnia (pulga-d'água)

Lepas (anatifas)

Balanus (craca)

Cyclops

Entomostráceos *– São os crustáceos mais inferiores ou menos desenvolvidos. São microscópicos (microcrustáceos) ou quase microscópicos. Alimentam-se do fitoplâncton e, como integrantes do zooplâncton, servem de alimento para outros animais maiores. Exemplos:* Cyclops, Daphnia *("pulga-d'água"),* Lepas *(anatifas) e* Balanus *(craca).*

CRUSTÁCEOS

Artrópodes com o corpo dividido em cefalotórax e abdome, são tetráceros (2 pares de antenas), possuem número variável de patas, têm respiração branquial e fazem excreção através de glândulas verdes (antenais). Podem ser monoicos ou dioicos. O desenvolvimento pode ser direto (sem larvas) ou indireto com várias fases larvais (nauplius, protozoé, zoé, mysis e megálopa).

"Tatuzinho-de-jardim"

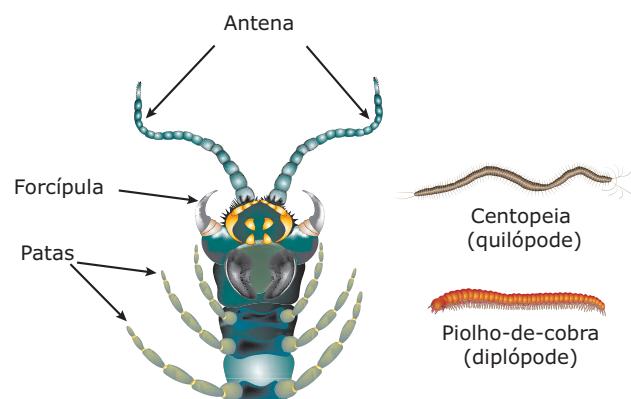
Ligia = "barata-da-praia"

Malacostráceos *– São os crustáceos superiores, maiores e mais desenvolvidos. Exemplos: lagostas, camarões, siris, caranguejos,* Porcellio *(tatuzinho-de-jardim) e* Ligia *(barata-da-praia).*

Os crustáceos vivem, principalmente, em ambientes aquáticos (marinhos ou dulcícolas), embora existam algumas poucas espécies terrestres, como é caso do *Porcellio* (tatuzinho-de-jardim, tatu-bolinha ou tatuzinho-de-quintal). Essas espécies terrestres também fazem respiração branquial e, por isso, exigem que no ambiente haja umidade para permitir a difusão dos gases respiratórios através dos filamentos branquiais.

O tatuzinho-de-jardim, embora terrestre, vive somente em locais úmidos. Caranguejos podem afastar-se da água por certo tempo porque levam água nas câmaras em que se alojam as brânquias, impedindo que estas sequem e deixem de efetuar as trocas respiratórias.

Os crustáceos têm grande importância econômica. Camarões, lagostas e siris e muitos outros são muito apreciados como alimento. Eles também têm uma importância ecológica: pequenos crustáceos do zooplâncton são alimentos para muitos peixes e outros animais aquáticos. Existem, entretanto, espécies que podem ser prejudiciais. É o caso do *Cyclops* sp, um pequeno crustáceo que pode ser um dos hospedeiros intermediários da tênia do peixe (*Diphyllobothrium latum*), que também pode parasitar o homem. As cracas, que são animais sésseis, podem fixar-se em cascos de madeira de barcos, causando prejuízos.

QUILÓPODOS

São artrópodes que têm o corpo dividido em cabeça e tronco, apresentando um par de patas por segmento. O primeiro par de patas é transformado em estruturas inoculadoras de veneno denominadas forcípulas, em cujas extremidades abrem-se glândulas produtoras de veneno. São artrópodes díceros (um par de antenas longas) que fazem respiração traqueal e excreção através de túbulos de Malpighi. Os artrópodes são dioicos, realizam fecundação interna, e o desenvolvimento é direto. Exemplo: Centopeia ou lacraia.

DIPLÓPODOS

São artrópodes que têm o corpo dividido em cabeça e tronco, com dois pares de patas por segmento, díceros (um par de antenas curtas), de respiração traqueal e fazem excreção através dos túbulos de Malpighi. Os diplópodos são dioicos, realizam fecundação interna, e o desenvolvimento é direto. Não possuem forcípulas e não são venenosos. Exemplo: embuás ou piolhos-de-cobra.

OBSERVAÇÃO

Os quilópodos e os diplópodos formam os grupos dos **miriápodes** ou **miriápodos** (do grego *myria*, inúmeros, milhares, e *podos*, pé, pata), nome que constitui uma alusão exagerada ao grande número de patas desses animais.

Vista ventral da cabeça da lacraia

Desenho esquemático de um miriápode

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas–2006) A estação ecológica de Tripuí, em Ouro Preto, foi criada em 1978 para a preservação do *Peripatus acacioi* (veja figura a seguir), um invertebrado raro, membro do filo Onychophora. Os onicóforos despertam grande interesse dos zoólogos porque compartilham características com os membros do filo Annelida e com o filo Arthropoda, sendo considerados um "elo evolutivo" entre os dois últimos filos.

A seguir, estão relacionadas algumas das características dos onicóforos.

I. Presença de quitina na superfície corporal.

II. Corpo segmentado.

III. Um par de nefrídios por segmento.

IV. Respiração por sistema traqueal.

V. Sistema circulatório aberto.

Assinale a alternativa que atribui **CORRETAMENTE** características encontradas em representantes dos filos Annelida e Arthropoda, entre as listadas anteriormente.

	Características morfofuncionais	
	Filo Annelida	**Filo Arthropoda**
A)	I, II e III	I, III, IV e V
B)	I, III e IV	II, III e V
C)	II e III	I,II, IV e V
D)	III e IV	I,III e IV

02. (FUVEST-SP) Um invertebrado cujo corpo é constituído por cefalotórax e abdome, não possui antenas, tem quatro pares de patas locomotoras e um par de quelíceras é

A) crustáceo.

B) inseto.

C) aracnídeo.

D) diplópodo.

E) quilópodo.

03. (VUNESP-SP) Um par de antenas, dois pares de antenas e ausência de antenas são características, respectivamente, dos seguintes grupos de artrópodes:

A) Insetos, aracnídeos e crustáceos

B) Crustáceos, insetos e aracnídeos

C) Aracnídeos, crustáceos e insetos

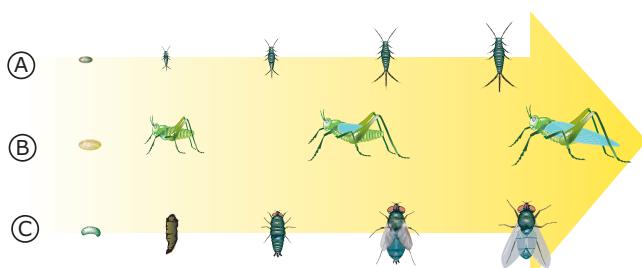
D) Insetos, crustáceos e aracnídeos

E) Aracnídeos, insetos e crustáceos

04. (PUC Minas) Considere os seguintes sistemas:

I. Locomotor III. Circulatório

II. Respiratório IV. Excretor

Crustáceos, aracnídeos e insetos são semelhantes quanto aos sistemas

A) I e II. C) III e IV. E) I e IV.

B) II e IV. D) I e III.

05. (UFMG) Observe o esquema:

Todas as afirmativas referentes aos indivíduos das sequências A, B e C estão corretas, **EXCETO**

A) Apresentam respiração traqueal e sistema nervoso ventral.

B) Pertencem ao mesmo filo e à mesma classe.

C) Possuem circulação fechada e excreção por células flama.

D) São ametábolos, hemimetábolos e holometábolos, respectivamente.

E) São dioicos e apresentam exoesqueleto quitinoso.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Uma abelha que tenha suas antenas extirpadas perde a capacidade de

A) equilibrar-se no voo.

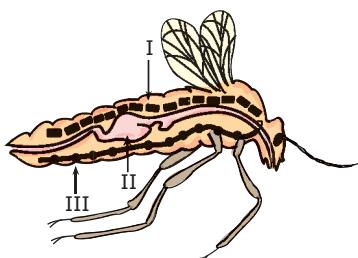
B) perceber a cor das flores.

C) perceber o odor das flores.

D) perceber o sabor do néctar.

E) retirar o néctar.

02. (UFMG) *Agosto e setembro são os meses em que mais aparecem escorpiões, pois é justamente nesses meses que eles têm seu período de reprodução. O inseto se refugia nos mais diferentes lugares, como amontoados de madeira, pedras, entulhos, fendas na parede ou atrás de móveis. Diariamente, pelo menos uma pessoa picada por escorpião é atendida no Centro de Toxologia do Hospital João XXIII.*

ESTADO DE MINAS, 17 ago. 1990.

Essa matéria sobre o escorpião incorre em **ERRO** ao

A) descrever seu comportamento.

B) indicar seu hábitat.

C) indicar seu período de reprodução.

D) referir-se à sua classificação taxonômica.

E) referir-se à sua nocividade.

03. (PUC Minas) Os túbulos de Malpighi e o sistema traqueal representam, nos insetos, os sistemas

A) excretor e respiratório.

B) reprodutor e digestivo.

C) digestivo e respiratório.

D) respiratório e circulatório.

E) circulatório e digestivo.

04. (PUC-Campinas-SP) A figura representa o corte de um inseto:

As setas I, II e III indicam, respectivamente,

A) sistema circulatório – tubo digestório – sistema nervoso.

B) sistema nervoso – tubo digestório – sistema excretor.

C) sistema excretor – tubo digestório – sistema circulatório.

D) sistema nervoso – tubo digestório – sistema circulatório.

E) sistema digestório – sistema circulatório – sistema nervoso.

05. (FCMMG)

A charge anterior, apresentada no jornal *Estado de Minas* de 16 de junho 1998, poderia demonstrar maiores conhecimentos entomológicos do autor se o grilo em questão apresentasse

A) 4 antenas.

B) mais 2 pares de patas.

C) 2 antenas e mais 1 par de patas.

D) 2 pares de antenas e 3 pares de patas.

06. (UFMG) No Brasil, são conhecidas várias espécies de aranhas venenosas e de insetos vetores de doenças. Esses animais pertencem ao grupo dos artrópodes, que constituem mais de um milhão de espécies, das quais cerca de novecentos mil são de insetos.

O grande sucesso evolutivo dos insetos, quando comparados aos demais artrópodes, pode ser explicado pela seguinte adaptação:

A) Hábitos alimentares diversificados

B) Pequeno porte

C) Presença de exoesqueleto

D) Presença de patas articuladas

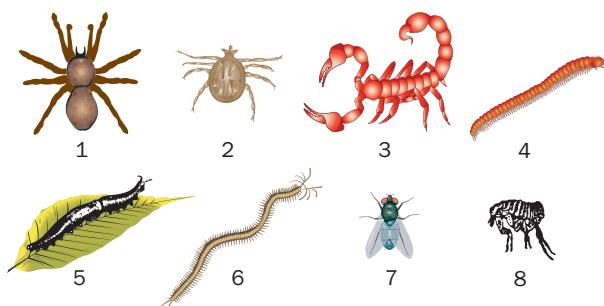
07. (PUC Minas) Algumas aranhas possuem veneno com toxinas potentes que podem, inclusive, provocar a morte em seres humanos, principalmente em crianças. A aranha armadeira – gênero *Phoneutria* – é considerada a mais perigosa, possuindo veneno de natureza neurotóxica, responsável pelo choque neurogênico. O veneno das aranhas é inoculado através

A) das maxilas.

B) das quelíceras.

C) dos pedipalpos.

D) das patas.

E) do ferrão abdominal.

08. (UFMG–2010) Estes animais costumam estar presentes no dia a dia dos seres humanos:

Considerando-se esse conjunto de animais, é **CORRETO** afirmar que todos eles

A) pertencem à classe Insecta.

B) possuem exoesqueleto de quitina.

C) são vetores de doenças.

D) têm aparelho bucal sugador.

09. (UFMG) Observe as figuras:

Os animais que **NÃO** produzem peçonha e, portanto, não provocam envenenamento no homem estão representados em

A) 1 e 3.   C) 3 e 8.   E) 5 e 6.

B) 2 e 6.   D) 4 e 7.

10. (UFPE–2007) O filo Arthopoda representa mais de um milhão de espécies com grande número de indivíduos e enorme diversidade de hábitats. Em relação a esse filo, analise o que é afirmado nas alternativas a seguir.

( ) Uma das principais características desse filo é a musculatura bem desenvolvida, que fica interna ao exoesqueleto.

( ) Apresenta um crescimento descontínuo relacionado com a troca do exoesqueleto. O animal cresce no período pós-muda antes da consolidação do novo exoesqueleto.

( ) Apresenta um coração tubular dorsal, que bombeia o sangue ou a hemolinfa para as artérias e, por isso, seu sistema circulatório é fechado.

( ) O sistema sensorial dos artrópodos é muito desenvolvido, sendo que, nos cefalópodos, podemos encontrar olhos bem desenvolvidos semelhantes aos dos vertebrados.

( ) O sistema respiratório desses animais é traqueal ou cutâneo, adaptado à respiração aérea.

11. (FCMMG) *Os políticos não são melhores ou piores que os técnicos. A diferença básica entre eles é a mesma que existe entre as aranhas e os caranguejos. Ambos têm muitas pernas, são artrópodes, mas as aranhas, como os técnicos, carecem de antenas de orientação. Perdem-se na própria teia. Nos políticos, são desenvolvidas pela necessidade do voto* [...]

CRUVINEL, Tereza. *O Globo*, 13 jul. 1997. Panorama Político.

Com relação à comparação da colunista, apresentada no fragmento do texto anterior, podemos afirmar que

A) procede, pois as aranhas não têm antenas, os caranguejos têm 4 e ambos são artrópodos.

B) procede, desde que no lugar de aranha leia-se caranguejo e vice-versa.

C) não procede, pois apesar de aranhas e caranguejos serem artrópodos, os dois possuem antenas.

D) não procede, pois aranha é artrópodo, mas caranguejo não é.

12. (UFRJ) Para alguns cientistas, os artrópodes teriam surgido a partir dos anelídeos. Os peripatos (*Peripatus*) seriam os representantes atuais e possíveis ancestrais dos artrópodes, uma vez que reúnem características dos anelídeos e dos artrópodes. Os peripatos apresentam corpo vermiforme, são dotados de traqueias, possuem nefrídios, têm circulação aberta e cutícula de quitina.

Quais dessas características são próprias dos anelídeos e quais características pertencem aos artrópodes?

13. (Unicamp-SP) A cigarra e a formiga são personagens de uma fábula que enaltece o trabalho. A biologia dos grupos aos quais pertencem esses insetos explica o diferente papel desempenhado por eles na fábula. No verão, encontram-se cascas de cigarras presas nas árvores ou no chão. Há uma crença popular de que as cigarras "arrebentam de tanto cantar".

A) Que aspecto da biologia das formigas justifica sua associação com o trabalho?

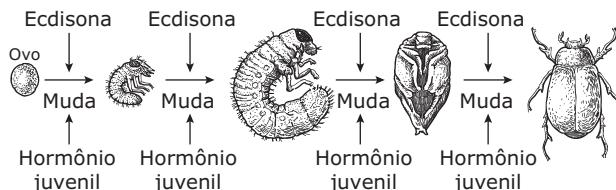
B) Qual a função do canto das cigarras?

C) As cascas não são cigarras mortas. **EXPLIQUE** o que representam essas cascas.

14. (UFMA) Uma aula prática de Biologia tinha como objetivo conhecer a diversidade dos artrópodes, então o professor entregou vários animais aos alunos para que esses animais fossem reunidos em três grupos. Como resultado, foram formadas as seguintes associações: I. aranha, abelha, carrapato; II. escorpião, formiga, mosca; III. camarão, siri, craca. O professor, porém, constatou que foram cometidos alguns equívocos.

A) **REAGRUPE**, então, os animais, corrigindo os erros.

B) **CITE** uma característica externa exclusiva de cada grupo que você formou.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2009) Recentemente, foi descoberta uma nova espécie de inseto flebotomídeo, batizado de *Lutzomya maruaga*. O novo inseto possui apenas fêmeas que se reproduzem a partir da produção de ovos sem a intervenção de machos, em um processo conhecido como partenogênese. A espécie está restrita a uma caverna na região amazônica, não sendo encontrada em outros lugares. O inseto não se alimenta de sangue e nem transmite doenças, como fazem outros mosquitos de seu mesmo gênero. Os adultos não se alimentam, e as larvas parecem se alimentar apenas de fezes de morcego (guano) existente no fundo da caverna. Essa dieta larval acumularia reservas a serem usadas na fase adulta.

CIÊNCIA HOJE, Rio de Janeiro, v. 42, n. 252, set. 2008. (Adaptação).

Em relação a essa descoberta, vê-se que a nova espécie de flebotomídeo

A) deve apresentar maior variabilidade genética que seus congêneres.

B) deve ter uma fase adulta longa se comparado com seus congêneres.

C) é mais vulnerável a desequilíbrios em seu ambiente que seus congêneres.

D) está livre de hábitos hematófagos e de transmissão de doenças devido à ausência de machos.

E) tem grandes chances de se dispersar para outros ambientes, tornando-se potencialmente invasora.

02. (Enem–2005) O desenvolvimento da maior parte das espécies de insetos passa por vários estágios até chegar à fase adulta, quando finalmente estão aptos à reprodução. Esse desenvolvimento é um jogo complexo de hormônios. A ecdisona promove as mudas (ecdíases), mas o hormônio juvenil impede que o inseto perca suas características de larva. Com o tempo, a quantidade desse hormônio diminui e o inseto chega à fase adulta.

Cientistas descobriram que algumas árvores produzem um composto químico muito semelhante ao hormônio juvenil dos insetos.

A vantagem de uma árvore que produz uma substância que funcione como hormônio juvenil é que a larva do inseto, ao se alimentar da planta, ingere esse hormônio e

A) vive sem se reproduzir, pois nunca chega à fase adulta.

B) vive menos tempo, pois seu ciclo de vida encurta.

C) vive mais tempo, pois ocorrem poucas mudas.

D) morre, pois chega muito rápido à fase adulta.

E) morre, pois não sofrerá mais mudas.

GABARITO

Fixação

01. C 02. C 03. D 04. D 05. C

Propostos

01. C
02. D
03. A
04. A
05. C
06. A
07. B
08. B
09. D
10. V V F F F
11. A

12. Anelídeos: corpo vermiforme e nefrídios; Artrópodes: traqueias, quitina e circulação aberta.

13. A) As formigas são insetos sociais e, portanto, formam um sistema em que há divisão de trabalho.

B) O canto da cigarra tem a função de atrair o parceiro reprodutivo para o acasalamento.

C) As cascas não são cigarras mortas, e sim restos do exoesqueleto de quitina. Para que o inseto tenha um crescimento normal, é preciso que o exoesqueleto seja substituído periodicamente. Esse fenômeno é denominado muda (ecdise).

14. A) I: abelha, formiga e mosca são exemplos de insetos; II: aranha, carrapato e escorpião são exemplos de aracnídeos; III: camarão, siri e craca são exemplos de crustáceos.

B) Insetos: três pares de patas; aracnídeos: quatro pares de patas (ou ausência de antenas); crustáceos: dois pares de antenas.

Seção Enem

01. C
02. A

BIOLOGIA

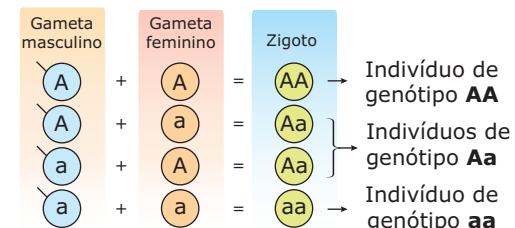
Genética de populações

MÓDULO 09 FRENTE D

PRINCÍPIO DE HARDY-WEINBERG

Genética de populações é o estudo do *pool* gênico, ou seja, o conjunto de genes característicos de uma certa população. Por exemplo: no *pool* gênico da população negra, é alta a frequência dos genes para pele escura, cabelos grossos e crespos, lábios grossos, nariz largo, entre outros. Por outro lado, esses mesmos genes têm uma frequência muito baixa nas populações orientais (chineses, japoneses, coreanos, etc.), nas quais o *pool* gênico é caracterizado pela alta frequência dos genes para olhos puxados, malares (ossos da face) proeminentes, cabelos negros e lisos.

Conhecendo-se certos aspectos sobre a distribuição dos genes entre os indivíduos de uma população, podemos, muitas vezes, calcular o percentual ou a frequência dos genes (frequência gênica), bem como a frequência dos diferentes genótipos (frequência genotípica) e fenótipos (frequência fenotípica) na população.

A genética de populações surgiu em 1908 com os trabalhos de dois pesquisadores: Hardy (matemático inglês) e Weinberg (médico alemão). Os estudos desses dois cientistas ficaram conhecidos como **Lei**, **Teorema** ou **Princípio de Hardy-Weinberg**.

Princípio de Hardy-Weinberg: numa população com cruzamentos aleatórios e nenhuma seleção entre genótipos, a frequência relativa dos genes tende a permanecer constante de geração em geração.

Para exemplificar o Princípio de Hardy-Weinberg, vamos considerar um gene **A**, cuja frequência na população seja **p**, e um gene **a** (alelo do **A**), de frequência **q**. De acordo com o princípio anterior:

Frequência de gene A + frequência de gene a = F (A) + F (a) = 1 (100%), ou seja, **p + q = 1**

Nessa mesma população, os genótipos formados por esses dois genes **(A** e **a)** poderão ser **AA**, **Aa** e **aa**. Para surgir um indivíduo com o genótipo **AA**, é preciso que o gene **A** esteja presente nos dois gametas participantes da fecundação; para surgir indivíduo **aa**, os dois gametas que se unem na fecundação precisam ter o gene **a**; para surgir o genótipo **Aa,** é preciso que em um dos gametas exista o gene **A** e no outro, o gene **a**. Veja a ilustração a seguir:

*Observe que, para surgir o genótipo **Aa**, existem duas possibilidades: o gameta masculino tem o gene **A,** e o feminino, o **a**, ou então, o gameta masculino tem o gene **a,** e o feminino, o **A**.*

Como estamos considerando que a frequência do gene **A** = **p**, e a do gene **a** = **q**, podemos dizer que:

A frequência do genótipo AA = $F_{(AA)}$ = frequência do gene A x frequência do gene A = $F_{(A)}.F_{(A)}$ = p.p, ou seja, a frequência do genótipo AA = p.p = p^2.

A frequência do genótipo aa = $F_{(aa)}$ = frequência do gene a x frequência do gene a = $F_{(a)}.\ F_{(a)}$, ou seja, a frequência do genótipo aa = q.q = q^2.

A frequência do genótipo Aa = 2 x frequência do gene A x frequência do gene a = $2.F_{(A)}.F_{(a)}$, ou seja, a frequência do genótipo Aa = 2 pq.

Como nesse exemplo temos apenas três tipos diferentes de genótipos, a soma das frequências deles numa população será igual a 1 (100%). Assim, temos:

$F_{(AA)} + F_{(Aa)} + F_{(aa)} = 1$, ou seja, $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ou $(p + q)^2 = 1$

Para calcular, numa população, a frequência do genótipo **AA**, usamos o termo p^2; se quisermos calcular a frequência do genótipo **Aa**, usamos o termo **2pq**, e para calcularmos a frequência do genótipo **aa**, o termo usado será o $\mathbf{q^2}$.

Veja os exemplos a seguir.

Exemplo 1:

Numa população, a frequência de indivíduos Rh^- é de 16%. Considerando que essa população esteja em equilíbrio, calcular

A) a frequência do gene **r** (gene para Rh^-).

B) a frequência do gene **R** (gene para Rh^+).

C) a frequência de indivíduos com o genótipo **RR**.

D) a frequência de indivíduos com o genótipo **Rr**.

Resolução:

A) Sabendo-se que os indivíduos Rh^- têm genótipo **rr**, tem-se

$F_{(Rh^-)} = F_{(rr)} = q^2 = 0,16$ (16%).

Logo,

$F_{(r)} = \sqrt{F_{(rr)}} = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,16} = 0,4$ (40%)

Assim, a frequência nessa população do gene **r** = 0,4.

B) Como a $F_{(r)} = 0,4$, e lembrando que $p + q = 1$, então temos

$p + q = 1$

$p + 0,4 = 1$

$p = 1 - 0,4$

$p = 0,6$.

Assim, a frequência do gene **R** = frequência de **p**, ou seja, $F_{(R)} = 0,6$ (60%).

C) A frequência do genótipo **RR** = p^2. Assim, temos

$F_{(RR)} = p^2 = (0,6)^2 = 0,6.0,6 = 0,36$ (36%).

D) A frequência de indivíduos com genótipo **Rr** = 2pq. Assim, temos

$$F_{(Rr)} = 2.0,6.0,4 = 0,48 \text{ (48\%)}$$

Exemplo 2:

Numa população, verificou-se que a frequência de pessoas insensíveis ao PTC é de 9%. Sabendo-se que a sensibilidade ao sabor amargo dessa substância é condicionada por um gene autossômico dominante **I**, e a insensibilidade, pelo seu alelo recessivo *i*, qual a frequência esperada nessa população de indivíduos sensíveis ao PTC, porém heterozigóticos?

Resolução:

Se os insensíveis ao PTC são homozigóticos recessivos (*ii*), eles representam o termo q^2 no Binômio de Newton. Assim,

$F_{(ii)} = q^2 = 9\%$ (0,09).

Se $q^2 = 0,09$, então $q = \sqrt{0,09}$, ou seja, q = 0,3 (30%).

Como q = frequência do gene *i*, logo a $F_{(i)} = 0,3$.

Se a frequência do gene *i* = q = 0,3, então o valor de p = frequência do gene **I** será igual a 1 – 0,3 = 0,7 (70%). Lembre-se de que p + q = 1 e, portanto, p = 1 – q.

Considerando que na expressão $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ os indivíduos heterozigóticos estão representados por 2pq, uma vez que conhecemos os valores de p e q, temos

$$F_{(Ii)} = 2pq = 2.0,7.0,3 = 0,42 \text{ (42\%)}$$

Resposta:

A frequência esperada de indivíduos sensíveis heterozigóticos **(I*i*)** é de 42%.

EQUILÍBRIO GENÉTICO

Segundo o Princípio de Hardy-Weinberg, se numa população as frequências dos genes que constituem o *pool* gênico permanecem inalteradas de geração em geração, então essa população estará em equilíbrio genético, ou seja, nenhum fator com capacidade de alterar as frequências gênicas estará agindo nessa população. Essa situação, entretanto, dificilmente ocorre na natureza, uma vez que as populações naturais das diferentes espécies de seres vivos estão sujeitas à ação de diversos fatores com capacidade de alterar as frequências gênicas e, consequentemente, impedir o equilíbrio genético. Entre esses fatores que alteram o equilíbrio genético de uma população, podemos citar:

A) **Mutações** – As mutações fazem surgir novos genes no *pool* gênico da população, aumentando, assim, a variabilidade gênica das populações.

B) **Seleção natural** – A seleção natural diminui a variabilidade gênica das populações, uma vez que diminui a frequência de determinado genótipo em benefício de outro. Em outras palavras, ao agir numa população, ela seleciona e preserva os indivíduos portadores de genes que determinam características mais vantajosas, em detrimento daqueles que possuem genótipos que condicionam características menos vantajosas.

C) **Fluxo gênico (migrações)** – A entrada (imigração) e saída (emigração) significativas de indivíduos na população promovem a alteração da frequência do *pool* gênico existente. Por exemplo: se numa população formada por indivíduos **AA**, **Aa** e **aa** houver uma emigração de muitos indivíduos de genótipo **aa**, a frequência relativa do gene **A**, nessa população, se eleva.

D) Endogamia (consanguinidade) – Os cruzamentos consanguíneos tendem a gerar indivíduos predominantemente homozigóticos e, assim, tendem a aumentar a frequência de determinado genótipo na população.

E) Oscilação genética (deriva genética, desvio genético) – Compreende os processos em que, por acaso, certos genes e genótipos podem ter suas frequências alteradas numa população. Em grandes populações, a oscilação genética não produz modificações expressivas nas frequências gênicas e genotípicas. Entretanto, em pequenas populações, ela pode alterar consideravelmente essas frequências. Por exemplo: imagine que numa ilha deserta chegam 10 pessoas de dois sexos, sobreviventes de um naufrágio. Vamos admitir que, dessas 10 pessoas, uma seja heterozigota para o albinismo (**Aa**), enquanto as nove restantes são pigmentadas homozigotas (**AA**). A taxa ou a frequência do gene **A** nessa população que se instalou na ilha é de aproximadamente 95%, enquanto a taxa do gene **a** é cerca de 5%. Admita que, por acaso, o indivíduo heterozigoto (**Aa**), ao nadar ao redor da ilha, morra afogado alguns dias após a chegada. Com isso, a frequência do gene **A** na população da ilha passou a ser de 100%, e a do gene **a**, 0%. Note que foi o acaso que fez o indivíduo heterozigoto se afogar, e com isso houve uma alteração nas frequências gênicas. Se, no entanto, a população da ilha tivesse 1 000 indivíduos, sendo 900 **AA** e 100 **Aa**, seria muito pouco provável que, por acaso, todos os heterozigotos sofressem um acidente e morressem afogados. Se nessa população maior o acidente envolvesse apenas um indivíduo heterozigoto, isso não traria alterações expressivas nas frequências dos genes **A** e **a**.

O Princípio de Hardy-Weinberg pode ser aplicado apenas às populações em equilíbrio, quando

- a população é formada por um número grande de indivíduos, de modo que possam ocorrer todos os tipos de cruzamento possíveis, de acordo com as leis das probabilidades. Nesse caso, os eventuais erros de amostragem no processo de levantamento das frequências gênicas e genotípicas não têm grande significância estatística.
- a população for panmítica, isto é, seus integrantes se cruzam livremente, ao acaso, sem preferências sexuais.
- a população não estiver sujeita a nenhum fator que promova alteração no *pool* gênico, como mutações, seleção natural, migrações, etc.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Numa população em equilíbrio, a frequência de indivíduos Rh negativos é de 16%. A probabilidade de ocorrência de indivíduos heterozigotos nessa população é

A) 84%.

B) 60%.

C) 48%.

D) 36%.

E) 24%.

02. (VUNESP-SP / Adaptado) Constatou-se, em uma população, que a frequência do gene **B**, em porcentagem, era igual a 70%. Observou-se, em gerações sucessivas, que essa frequência não se alterava. Qual a frequência relativa do genótipo heterozigoto, nessa população?

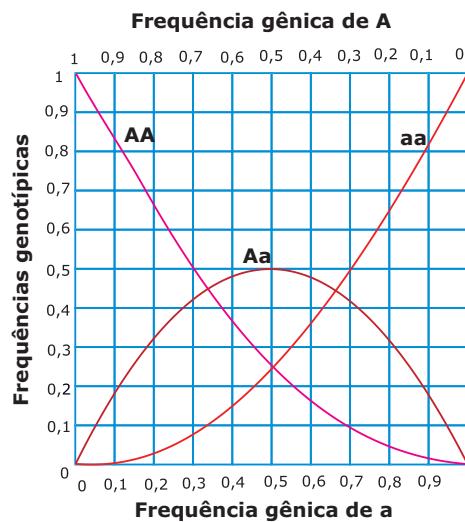
A) 0,42

B) 0,21

C) 0,09

D) 0,49

E) 0,30

03. (PUC-SP) Uma população que está em equilíbrio de Hardy-Weinberg é constituída por 2 000 indivíduos. Sabe-se que 320 destes têm uma certa anomalia, determinada por um gene autossômico recessivo. Entre os indivíduos normais dessa população, qual é o número esperado de portadores desse gene recessivo?

A) 960

B) 480

C) 420

D) 320

E) 240

04. (UFMG) Uma população em equilíbrio é constituída de 500 indivíduos, dos quais 45 apresentam um fenótipo determinado por gene recessivo.

Com base nesses dados, é **INCORRETO** afirmar-se que

A) a frequência de indivíduos com fenótipo dominante é de 91%.

B) cerca de 10% da população é homozigota.

C) o gene dominante é mais frequente que o recessivo.

D) 30% dos gametas produzidos carregam o alelo recessivo.

E) os heterozigotos representam 42% da população.

05. (UFMG) O gráfico mostra as relações entre as frequências dos alelos **A** e **a** e as frequências genotípicas **AA**, **Aa** e **aa** numa população em equilíbrio.

Numa população em equilíbrio, em que os casamentos ocorrem ao acaso, e a frequência dos genes **A** e **a** é de 50%, para cada um, a probabilidade de se encontrarem indivíduos **AA**, **Aa** e **aa** é, respectivamente,

A) 25%, 50% e 25%.

B) 40%, 30% e 30%.

C) 50%, 25% e 25%.

D) 70%, 15% e 15%.

E) 80%, 10% e 10%.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UEM-PR–2010) Considere que a composição genética de uma população pode ser conhecida calculando-se as frequências de seus alelos e as frequências de seus genótipos. Analise os dados de duas populações hipotéticas, fornecidos na tabela, e assinale o que for **CORRETO.**

População 1		População 2	
Genótipos	**N**	**Genótipos**	**N**
AA	3 200	AA	2 400
Aa	5 000	Aa	4 000
aa	1 800	aa	3 600
Total	10 000	Total	10 000

N = número de indivíduos; A = alelo dominante; a = alelo recessivo

01. A frequência do alelo **a** da população 1 é de 36%.
02. A frequência do alelo **A** da população 1 é maior do que a frequência do alelo **A** da população 2.
04. A frequência dos genótipos **AA**, **Aa** e **aa** da população 1 é de 32%, 50% e 18%, respectivamente.
08. A frequência do genótipo heterozigoto da população 2 é de 60%.
16. Na população 2, a frequência do alelo recessivo é 12% maior do que a frequência do alelo dominante.

Soma ( )

02. (VUNESP-SP) As populações "A", "B" e "C" estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg com relação aos genótipos condicionados pelos alelos **D** e **d**. A frequência de indivíduos homozigotos **dd** é de 16% na população "A", 9% na população "B" e 4% na população "C".

Podemos afirmar que a proporção

A) de heterozigotos **Dd** é maior na população "C" do que na "B".

B) de heterozigotos **Dd** é maior na população "A" do que na "C".

C) de homozigotos **DD** é maior na população "B" do que na "C".

D) de homozigotos **DD** é maior na população "A" do que na "B".

E) de homozigotos **DD** é maior na população "A" do que na "C".

03. (OSEC-SP) Numa população em equilíbrio e suficientemente grande, em que os cruzamentos se processam ao acaso, verificou-se que existem 2 000 indivíduos com incapacidade de enrolar a língua e 30 000 com capacidade de enrolar a língua. Supondo que essa capacidade seja condicionada por um gene dominante, o número de indivíduos heterozigotos na população será de, aproximadamente,

A) 12 000.

B) 16 000.

C) 4 500.

D) 25 000.

E) 8 000.

04. (OSEC-SP) Numa população em que a frequência de um gene dominante **A** é de 50%, e a do seu alelo recessivo **a** também é de 50%, a proporção de indivíduos que manifestam o caráter dominante será de

A) 0%.

B) 25%.

C) 50%.

D) 75%.

E) 100%.

05. (FIUBE-MG) Um gene recessivo, que não está sujeito à seleção, com frequência 0,4, numa população panmítica, perfeitamente em equilíbrio, se apresenta em homozigose em

A) 16% dos indivíduos.
B) 36% dos indivíduos.
C) 60% dos indivíduos.
D) 32% dos indivíduos.
E) 40% dos indivíduos.

06. (Fatec-SP) Sabendo-se que a frequência de indivíduos Rh^- numa população é de 25%, e que esse gene não está exposto à seleção natural, a frequência do gene que condiciona o caráter Rh^- nessa população é de

A) 30%.
B) 40%.
C) 50%.
D) 60%.
E) 70%.

07. (FCMMG) Suponha uma população experimental, em equilíbrio, com a seguinte constituição de genótipos: 360 indivíduos **BB**, 480 indivíduos **Bb** e 160 indivíduos **bb**. Considerando que não existem fatores atrapalhando a frequência gênica e que a população continua do mesmo tamanho, identifique a frequência do alelo **B** nessa população e a frequência de heterozigotos (**Bb**), após 3 gerações de cruzamentos ao acaso, respectivamente.

A) 0,4 e 0,16
B) 0,4 e 0,48
C) 0,6 e 0,36
D) 0,6 e 0,48

08. (PUC Minas) A calvície na espécie humana é determinada por um gene autossômico **C**, que tem sua expressão influenciada pelo sexo. Esse caráter é dominante nos homens e recessivo nas mulheres, como mostra a tabela a seguir:

Genótipo	Fenótipo	
	Homens	Mulheres
CC	Calvo	Calva
Cc	Calvo	Normal
cc	Normal	Normal

Em uma população, em equilíbrio de Hardy-Weinberg, em que 81% dos homens não apresentam genótipo capaz de torná-los calvos, qual a frequência esperada de mulheres cujo genótipo pode torná-las calvas?

A) 19%
B) 8,5%
C) 81%
D) 42%
E) 1%

09. (Mackenzie-SP) Numa população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, as frequências dos alelos $\mathbf{I}^A$ e $\mathbf{I}^B$ (do sistema ABO) são 0,3 e 0,4, respectivamente. A frequência esperada de indivíduos do grupo sanguíneo O é

A) 0,3.
B) 0,12.
C) 0,16.
D) 0,09.
E) 0,7.

10. (PUC-Campinas-SP) Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a frequência do alelo autossômico **b** é de 30%. Se essa população for formada por 1 000 indivíduos, espera-se que sejam heterozigotos

A) 700.
B) 420.
C) 90.
D) 49.

11. (UFU-MG) O daltonismo para as cores verde / vermelho tem prevalência de 8% (80 em 1 000 normais) em homens. Considerando que essa doença genética é ligada ao cromossomo X e é recessiva, qual seria a prevalência aproximada nas mulheres?

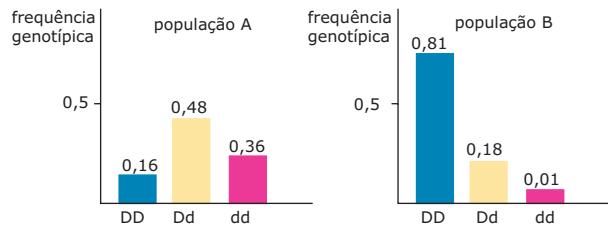
A) 1 em 1 000
B) 8 em 1 000
C) 6 em 1 000
D) 16 em 1 000

12. (PUC RS) Para responder ao exercício, considere a informação a seguir.

Um levantamento nos prontuários médicos de um importante hospital brasileiro identificou o grupo sanguíneo MN de 10 000 indivíduos, revelando os dados apresentados no quadro a seguir. A análise da população estudada concluiu que a mesma se encontra em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Genótipo para o grupo sanguíneo MN	Número de indivíduos
MM	3 600
MN	4 800
NN	1 600

Nessa população, as frequências dos alelos M e N são, respectivamente,

A) 0,16 e 0,84.
B) 0,24 e 0,48.
C) 0,36 e 0,16.
D) 0,48 e 0,24.
E) 0,60 e 0,40.

13. (UERJ) Segundo o Teorema de Hardy-Weinberg, uma população ideal deve atingir o equilíbrio, ou estado estático, sem grandes alterações de seu reservatório genético.

Em uma das ilhas do arquipélago de Galápagos, uma das condições estabelecidas por Hardy-Weinberg para populações ideais foi seriamente afetada por uma erupção vulcânica ocorrida há cerca de cem mil anos. Essa erupção teria diminuído drasticamente a população de jabutis gigantes da ilha.

A) **CITE** duas das condições propostas por Hardy e por Weinberg para que o equilíbrio possa ser atingido.

B) **DEFINA** o conceito de evolução em função da frequência dos genes de uma população e **INDIQUE** de que forma a diminuição da população afetou a evolução dos jabutis gigantes.

SEÇÃO ENEM

01. Considere os gráficos a seguir, em que se representa a análise da frequência genotípica de duas populações, A e B, que estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Com base nas informações fornecidas pelos gráficos e em seus conhecimentos sobre o assunto, é **CORRETO** dizer que

A) na população A a frequência do gene **D** é de 60%.

B) na população B a frequência do gene **D** é de 90%.

C) na população A a frequência do gene **d** é de 40%.

D) na população B a frequência do gene **d** é de 1%.

E) as frequências dos genes **D** e **d** são iguais nas duas populações.

02. Considere duas populações diferentes (I e II), cada uma com 200 indivíduos diploides, portanto, com 400 alelos. A tabela a seguir mostra o número de indivíduos e os diferentes genótipos existentes nas duas populações:

População I		População II	
Nº de indivíduos	Genótipos	Nº de indivíduos	Genótipos
90	**AA**	45	**AA**
40	**Aa**	130	**Aa**
70	**aa**	25	**aa**

A respeito das frequências dos alelos **A** e **a** nessas duas populações, é correto dizer que

A) em I, o alelo **A** tem uma frequência menor do que em II.

B) em II, o alelo **a** tem uma frequência maior do que em I.

C) em I, o alelo **A** tem uma frequência de 65%.

D) em II, alelo a tem uma frequência de 77,5%.

E) nas duas populações, as frequências dos alelos **A** e **a** são, respectivamente, 55% e 45%.

GABARITO

Fixação

01. C
02. A
03. A
04. B
05. A

Propostos

01. Soma = 22
02. B
03. A
04. D
05. A
06. C
07. D
08. E
09. D
10. B
11. C
12. E
13. A) Duas, entre as condições:
    1. Não ocorrência de migrações.
    2. Não ocorrência de mutações que introduzam novos genes.
    3. Probabilidades iguais na escolha dos parceiros, no processo de reprodução sexuada.
    4. Número de indivíduos grande o suficiente para que eventos aleatórios não afetem as proporções estatísticas.
    5. Não sujeição dos genes alelos à seleção natural, tendo todos os indivíduos a mesma possibilidade de sobrevivência.

    B) Alteração progressiva das frequências gênicas em uma população. A população de jabutis ficou mais sujeita a variações gênicas aleatórias (deriva genética).

Seção Enem

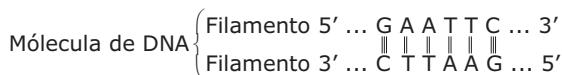
01. B
02. E

BIOLOGIA

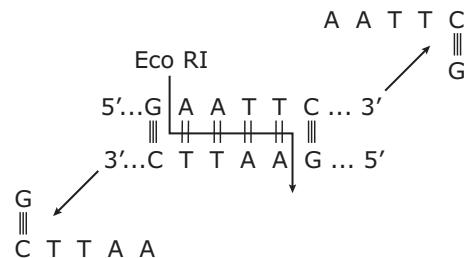
MÓDULO 10 FRENTE D

Noções de Engenharia Genética

A Engenharia Genética é um conjunto de técnicas que tem por objetivo a manipulação do material genético. São técnicas que permitem identificar, isolar e multiplicar genes, bem como construir moléculas híbridas de DNA, isto é, DNA constituído por segmentos originários de diferentes espécies de seres vivos.

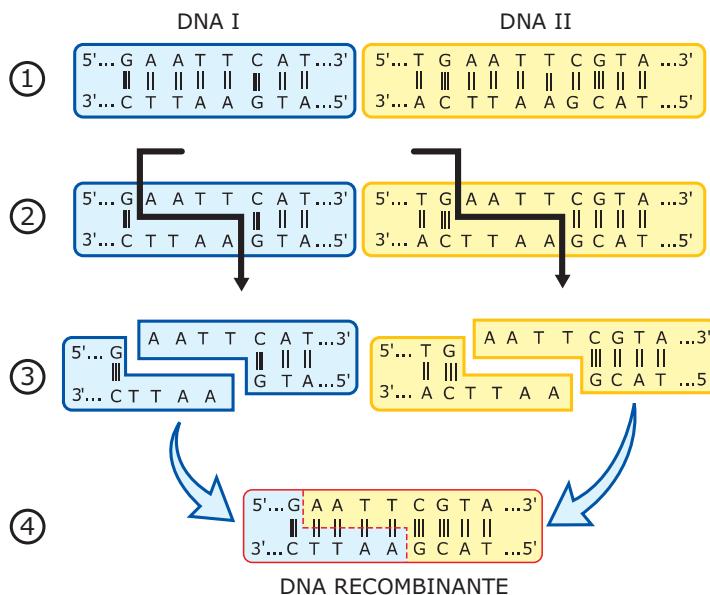
DNA RECOMBINANTE

A tecnologia do DNA recombinante (rDNA), que teve início na década de 1970, constitui a base da Engenharia Genética e tem por principal objetivo a construção de moléculas de DNA não existentes na natureza, constituídas por segmentos provenientes de diferentes fontes. Assim, essas moléculas híbridas podem ser constituídas tanto por segmentos de DNA originários de organismos diferentes, quanto por segmento de DNA proveniente de um organismo ligado a um DNA sintético (produzido em laboratório, unindo-se os nucleotídeos numa sequência desejada).

O desenvolvimento da Bioquímica e os estudos genéticos realizados em micro-organismos, notadamente bactérias e bacteriófagos, deram uma grande contribuição para a obtenção dos conhecimentos e das técnicas necessários para a manipulação dos genes. Assim, surgiram "ferramentas" básicas para o desenvolvimento da Engenharia Genética. Entre elas, destacam-se as enzimas de restrição, também conhecidas por endonucleases de restrição.

As enzimas de restrição são encontradas em certas bactérias e atuam como verdadeiras "tesouras moleculares", cortando o DNA em pontos específicos. Costuma-se dizer que elas têm a propriedade de clivar (cortar, quebrar) o DNA.

Essas enzimas, provavelmente, fazem parte do mecanismo de proteção que certas bactérias desenvolveram contra seus inimigos naturais, os vírus bacteriófagos. Nas células bacterianas, essas enzimas são capazes de reconhecer o DNA do vírus invasor como um elemento "estranho" e, assim, promover a sua destruição, cortando-o em pontos específicos, antes que o mesmo sofra o processo de duplicação.

Cada bactéria tem suas próprias enzimas de restrição, e cada enzima reconhece apenas um tipo de sequência de bases nitrogenadas ao longo da molécula de DNA. São, portanto, altamente específicas, cortando o DNA apenas nos locais onde existem certas sequências de bases nitrogenadas. As sequências de bases nitrogenadas reconhecidas pelas enzimas de restrição são palíndromos, isto é, iguais nos dois filamentos da molécula de DNA, seja a leitura desses filamentos feita no sentido 5' → 3' ou no sentido 3' → 5'. Veja o exemplo a seguir:

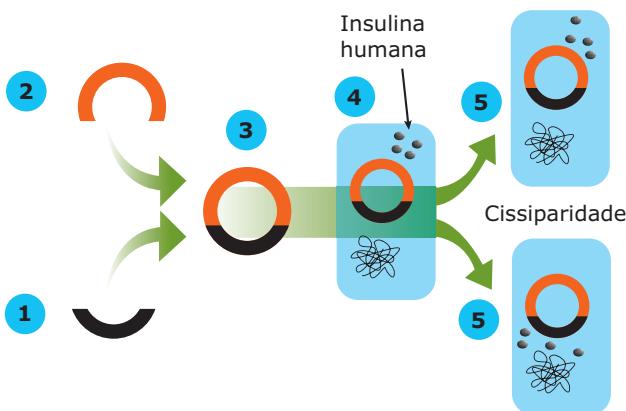
Mólecula de DNA
Filamento 5' ... G A A T T C ... 3'
Filamento 3' ... C T T A A G ... 5'

Se a leitura dos dois filamentos for feita no sentido 5' → 3', a sequência será G A A T T C; se nos dois filamentos a leitura for feita no sentido 3' → 5', a sequência será C T T A A G. Assim, essas sequências de bases nesses dois filamentos são palíndromos.

Existem vários tipos de enzimas de restrição. Uma delas é a Eco RI que atua na sequência ...G A A T T C ..., fazendo o corte da ligação entre o G e o A, conforme mostra o esquema a seguir:

A A T T C
G
Eco RI
5'...G A A T T C ... 3'
3'...C T T A A G ... 5'
G
C T T A A

As enzimas de restrição podem ser isoladas de diferentes bactérias. Muitas indústrias cultivam essas bactérias, isolam suas enzimas de restrição e as comercializam, vendendo-as para laboratórios de genética molecular de todo o mundo. O quadro a seguir mostra alguns exemplos dessas enzimas, suas fontes (bactérias das quais são obtidas) e os seus sítios de clivagem (locais onde fazem o corte no DNA).

Enzima de restrição	Fonte	Sítio de clivagem
Bam HI	*Baccillus amyloliquefaciens* H	G↓GATCC CCTAG↓G
Hind III	*Haemophilus influenzae*	AA↓GCTT TTCG↓AA
Eco RI	*Escherichia coli*	G↓AATTC CTTAA↓G
Sal I	*Streptococcus albus* G	GT↓CGAC CAGC↓TG

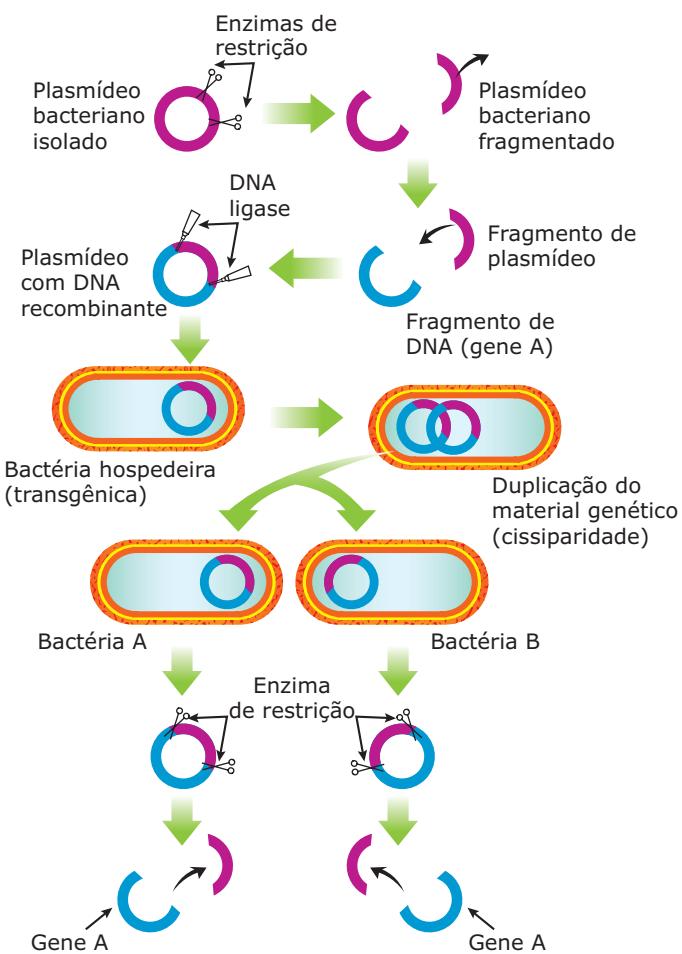
A ilustração a seguir mostra, de forma bem simplificada, a construção de um DNA recombinante.

1. Imagine que os DNAs I e II são provenientes de dois organismos diferentes. 2. Utilizando-se de enzimas de restrição, os dois DNAs são cortados em pontos específicos. 3. Com o corte, os dois filamentos de cada DNA se separam. 4. Utilizando-se das enzimas DNA-ligases, um segmento do DNA I é ligado a um segmento do DNA II, formando, assim, um DNA recombinante.

Por meio da tecnologia do DNA recombinante, tornou-se possível, por exemplo, associar segmentos de DNA (genes) de um animal ou de uma planta com plasmídios das bactérias.

Plasmídios são pequenos fragmentos circulares de DNA encontrados livremente no hialoplasma de muitas bactérias. Tanto no cromossomo bacteriano quanto nos plasmídios, existem genes (segmentos de DNA) responsáveis por diferentes características hereditárias das bactérias. Quando há reprodução da bactéria, todo o seu material genético, que inclui o cromossomo e o(s) plasmídio(s), duplica-se, sendo distribuído equitativamente entre as "bactérias-filhas", que serão, então, geneticamente idênticas.

A ilustração a seguir nos dá, resumidamente, uma ideia da técnica do DNA recombinante com a utilização de plasmídios bacterianos.

***Tecnologia do DNA recombinante** – **1.** Com a utilização de enzimas de restrição, um segmento de DNA humano, contendo a informação para a síntese da proteína insulina, é retirado de determinado cromossomo humano; **2.** Plasmídio bacteriano de onde se retirou um segmento (pedaço) de DNA, com ajuda da enzima de restrição; **3.** Com o auxílio da enzima DNA-ligase, o segmento de DNA humano é "soldado" ao plasmídio bacteriano. Forma-se, assim, um plasmídio contendo um DNA recombinante; **4.** O plasmídio recombinante é incorporado à bactéria que, então, passa a ser uma bactéria transgênica. Os organismos que recebem ou incorporam genes de outra espécie são chamados de transgênicos; **5.** A bactéria transgênica, ao se reproduzir por cissiparidade, origina bactérias-filhas, também transgênicas, ou seja, portadoras do plasmídio recombinante. Assim, obtém-se em pouco tempo um clone de bactérias transgênicas com capacidade de produzir a insulina humana utilizada no tratamento dos diabéticos.*

A insulina foi a primeira proteína humana produzida em células de bactérias geneticamente modificadas e aprovada para uso em pacientes. Antes do desenvolvimento dessa tecnologia, os diabéticos dispunham apenas de injeções de insulina extraída de animais, como bois e porcos. Acontece que a insulina desses animais é ligeiramente diferente da insulina humana, causando problemas alérgicos em alguns pacientes. A insulina produzida por bactérias transgênicas é idêntica à produzida pelo pâncreas humano e não causa problemas de alergia, daí a importância dessa conquista.

Atualmente, além da insulina, outras proteínas de interesse médico, como a somatotrofina (hormônio do crescimento), também são produzidas por bactérias geneticamente modificadas.

As bactérias transgênicas, isto é, portadoras de DNA recombinante, abrigam em si todas as informações necessárias para o cumprimento das tarefas rapidamente, funcionando como pequenas fábricas biológicas, capazes de produzir, em larga escala e com custos mais baratos, as proteínas desejadas.

CLONAGEM DE GENES

Existem técnicas que permitem a fabricação de milhões de cópias idênticas de um gene, isto é, técnicas que permitem a obtenção de um clone de genes. Isso possibilita, por exemplo, submeter um determinado gene que se deseja estudar às inúmeras análises necessárias para a determinação da sua estrutura.

Os primeiros passos para a produção de um clone de genes são, obviamente, a identificação e o isolamento do gene que se deseja clonar. Uma vez identificado e isolado, sua clonagem poderá ser feita por diferentes técnicas.

Clonagem de gene com a utilização de bactérias *– Podemos resumir e simplificar esse processo da seguinte maneira: um plasmídio bacteriano é isolado e cortado num determinado ponto com o auxílio de uma enzima de restrição. Em seguida, com o auxílio da enzima DNA-ligase, esse plasmídio é ligado ao fragmento de DNA (gene) que se deseja clonar. Vamos chamar esse gene de gene **A**. Forma-se, dessa maneira, um plasmídio com DNA recombinante. Esse plasmídio com DNA recombinante é introduzido numa bactéria hospedeira, que passa então a ser uma bactéria transgênica. Essa bactéria transgênica é colocada num meio de cultura contendo todas as condições necessárias para o seu desenvolvimento e reprodução.*

*Ao se reproduzir, a "bactéria-mãe" duplica todo seu material genético, inclusive o gene **A** de origem exógena, e o distribui de forma equitativa entre as "bactérias-filhas" formadas. Cada "bactéria-filha", portanto, terá os mesmos tipos de genes que existiam na "bactéria-mãe". Assim, mantendo-se as condições no meio de cultura sempre favoráveis, em pouco tempo obtém-se um número grande de bactérias geneticamente idênticas. Em todas elas, haverá o plasmídio com o DNA recombinante, e, consequentemente, em todas haverá o gene **A**. Quando existir um número grande dessas bactérias transgênicas, seus plasmídios serão isolados, e deles, com o uso de enzimas de restrição, serão cortados os segmentos contendo o gene **A**. Obtém-se, assim, um número grande de genes idênticos, ou seja, um clone de um determinado gene.*

- **Clonagem de gene com a utilização de vírus:** São utilizados bacteriófagos (vírus que parasitam bactérias), também chamados, simplesmente, de fagos.

  Existem diferentes tipos de bacteriófagos ou fagos. Um dos mais conhecidos é o fago lambda. Nele, todos os genes de seu DNA estão mapeados (identificados) e sabe-se qual é a atividade de cada um. Alguns são genes essenciais, e outros são genes não essenciais.

  Os genes essenciais localizam-se nas extremidades do DNA viral e são indispensáveis à reprodução, já que contêm as informações necessárias para a fabricação das proteínas do capsídeo, das enzimas de empacotamento e das enzimas que atuam na duplicação do DNA viral no interior da bactéria.

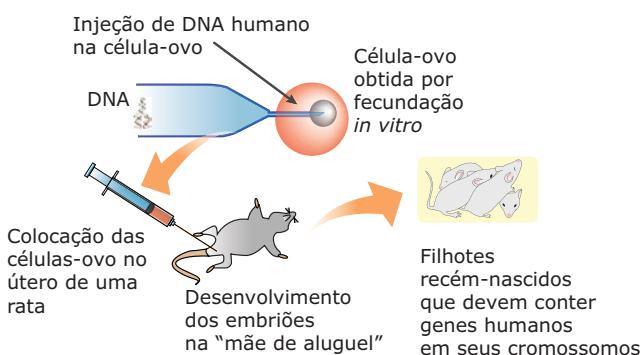
  Os genes não essenciais ou dispensáveis se localizam na região mediana do DNA viral e não interferem na reprodução ou multiplicação do vírus. Tais genes estão relacionados com os processos de recombinação entre moléculas de DNA.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Genes essenciais Genes dispensáveis Genes essenciais

Com a utilização de enzimas de restrição, a região mediana do DNA viral, na qual estão os genes não essenciais, pode ser retirada e substituída por um segmento de DNA de um outro organismo. Quando o DNA viral se multiplicar no interior de uma bactéria, o segmento de DNA do outro organismo incorporado a ele também será multiplicado. Os cientistas têm usado essa técnica para conseguir a multiplicação de genes, obtendo assim um grande número de cópias necessárias ao seu estudo. Tal procedimento pode ser resumido da seguinte maneira: com tecnologia apropriada, as proteínas que formam o envoltório (capsídeo) e as enzimas essenciais ao empacotamento são isoladas e purificadas. Essas proteínas são colocadas num tubo de ensaio, juntamente com o DNA do vírus. Ocorre, então, no interior do tubo de ensaio, um empacotamento in vitro *com a formação de partículas virais ativas. Os vírus assim formados são utilizados para infectar bactérias e se multiplicarem no interior destas. Ao sofrerem a lise, as bactérias liberam no meio milhares de partículas virais. Com o uso de enzimas de restrição, corta-se desses vírus o segmento de DNA (gene) desejado. Obtêm-se, dessa maneira, muitas cópias de um mesmo gene.*

- **Clonagem de gene através da técnica do PCR:** Chamada em inglês de *Polymerase Chain Reaction* (PCR), que significa "Reação em Cadeia da Polimerase", essa tecnologia permite clonar, em laboratório, moléculas de DNA. O DNA é colocado em um meio contendo desoxirribonucleotídeos livres e uma enzima DNA polimerase especial, resistente ao calor, obtida de bactérias que vivem normalmente em fontes de água quente. Todo esse sistema é, então, submetido a uma temperatura de 98 ºC, o que faz com que as duas hélices (fitas) da molécula de DNA se separem. Nessas condições, cada fita é complementada pelos nucleotídeos livres existentes no meio, formando-se, assim, duas moléculas completas e idênticas do DNA. Em seguida, o ciclo recomeça; são produzidas 4 moléculas, e assim por diante.

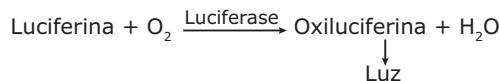
Como vimos, existem diferentes técnicas que permitem clonar um gene.

A clonagem de um gene permite que ele seja multiplicado, formando várias cópias, o que é necessário para estudar detalhadamente sua sequência de bases e, a partir disso, a sequência de aminoácidos da proteína que ele codifica. Pode-se saber em que tipo de célula o gene em estudo está funcionando e que fatores afetam seu funcionamento.

Um gene também pode ser extraído e transferido para indivíduos de uma outra espécie. Pode-se, por exemplo, introduzir um gene humano em um camundongo; um gene de inseto em uma planta; um gene humano em uma planta, etc., criando-se assim organismos transgênicos.

ANIMAIS TRANSGÊNICOS

Animal transgênico é aquele que possui, no seu material genético, um ou mais genes originários de uma outra espécie.

A produção desses animais normalmente se faz na fase embrionária, introduzindo-se no embrião de uma espécie genes de uma outra espécie. Veja o exemplo a seguir:

Técnica de produção de animais transgênicos – *Se introduzirmos genes humanos em embriões de camundongos, estes poderão se desenvolver tendo genes humanos em seus cromossomos, ou seja, serão camundongos transgênicos. Para isso, procede-se da seguinte maneira: faz-se a fecundação* in vitro*, ou seja, retiram-se óvulos de fêmeas colocando-os num tubo de ensaio que contém espermatozoides. O processo é acompanhado pelo microscópio e tão logo ocorram as fecundações, com aparelhagem de micromanipulação, injetam-se os genes humanos nos núcleos das células-ovo. Havendo receptividade, os genes injetados se incorporam aos cromossomos das células-ovo, sendo transmitidos, quando ocorrem divisões mitóticas, às células-filhas. Os ovos que receberam genes humanos são, então, implantados no útero de uma fêmea, no qual se desenvolvem, originando novos camundongos que conterão em suas células os genes humanos recebidos na fase embrionária. Esses camundongos serão, portanto, organismos transgênicos. Quando um camundongo transgênico se reproduzir, os genes humanos incorporados ao seu material genético poderão ser transmitidos aos descendentes, como qualquer outro gene.*

Em 1981, usando a tecnologia descrita anteriormente, pedaços de DNA de coelho contendo o gene responsável pela produção da proteína hemoglobina foram injetados em células-ovo de camundongos. Essas células-ovo foram implantadas no útero de fêmeas de camundongos, onde se desenvolveram, dando origem a vários filhotes. A análise mostrou que os filhotes de camundongos que nasceram desses embriões tinham hemoglobina de coelho em suas hemácias. Isso comprovou que o DNA do coelho injetado na célula-ovo do camundongo se incorporou a um cromossomo e foi transmitido de célula a célula por meio das mitoses. Esses camundongos transgênicos foram cruzados entre si, e o gene do coelho incorporado ao seu material genético foi transmitido de geração a geração, segundo as leis mendelianas.

As perspectivas de utilização de animais transgênicos a favor do homem são muito boas. Assim como já acontece com bactérias transgênicas, num futuro não muito distante, animais transgênicos também poderão ser utilizados como verdadeiras "fábricas" para a produção de substâncias de interesse para o homem.

PLANTAS TRANSGÊNICAS

De maneira semelhante ao que acontece com os animais, a produção de plantas transgênicas se faz introduzindo em uma planta genes de uma outra espécie de vegetal ou até de um animal. Vários experimentos bem-sucedidos já foram feitos nesse sentido. Um dos mais famosos associou ao material genético da planta do fumo o gene do vaga-lume responsável pela sua bioluminescência.

A reação de bioluminescência do vaga-lume depende da enzima luciferase. Essa enzima catalisa a reação de oxidação da substância luciferina, na qual é produzida luz, conforme mostra o esquema a seguir:

$$\text{Luciferina} + O_2 \xrightarrow{\text{Luciferase}} \text{Oxiluciferina} + H_2O$$
$$\downarrow$$
$$\text{Luz}$$

O gene para a produção da enzima luciferase foi isolado do vaga-lume e injetado em uma célula meristemática do fumo (tabaco), onde se incorporou a um dos cromossomos. Por meio de técnicas de cultura de tecidos vegetais, produziu-se uma planta inteira a partir dessa única célula transformada geneticamente. Assim, em todas as células dessa planta transgênica de fumo, o gene do vaga-lume se fez presente. Quando essa planta foi regada com uma solução de luciferina, ela começou a brilhar.

Por meio dessa mesma tecnologia, cientistas franceses já conseguiram criar uma planta do fumo, modificada geneticamente, capaz de produzir a hemoglobina humana. Essa pesquisa francesa é parte de um esforço científico mundial para se obter um substituto natural para o sangue humano, ou seja, obter um "sangue" que possa ser produzido em larga escala e que ponha fim à dependência de doadores que hoje existe.

Essa tecnologia também já é usada para produzir plantas nas quais se incorporam genes bacterianos que conferem resistência a determinados herbicidas ou a determinadas pragas. Desse modo, essas plantas modificadas geneticamente são capazes de crescer normalmente em terrenos tratados com esses herbicidas e resistem ao ataque de pragas.

Entre as grandes esperanças dos cientistas que trabalham com a manipulação genética de plantas, está a de se produzirem variedades capazes de fixar o nitrogênio do ar.

Sabe-se que um dos fatores limitantes ao crescimento das plantas e à produção agrícola é, justamente, a disponibilidade de nitrogênio no solo. Os fertilizantes, que encarecem a produção, têm como principal objetivo aumentar a quantidade de nitrogênio disponível às plantas.

Pesquisas estão sendo feitas no sentido de alterar geneticamente as plantas de interesse comercial, introduzindo em seu genoma genes de bactérias fixadoras de nitrogênio. A possibilidade de aumentar a eficiência na fixação de nitrogênio por meio da Engenharia Genética poderia resultar na produção de alimentos mais baratos para a humanidade.

A cada dia surgem no mercado novas substâncias, produzidas pela tecnologia da Engenharia Genética, capazes de estimular o crescimento de animais, a produção de leite, o aumento do volume de lã dos carneiros, a produtividade de plantas cultivadas, a resistência de animais e de plantas a doenças diversas, etc.

Alimentos transgênicos, como o milho e a soja resistentes a herbicidas, já são produzidos e comercializados em alguns países (EUA, Canadá, Japão, Argentina), embora ainda existam polêmicas sobre a segurança ou não para a saúde humana do uso de tais alimentos, bem como se o cultivo dessas plantas geneticamente modificadas pode ou não trazer prejuízos para o meio ambiente. O uso de alimentos transgênicos ainda divide opiniões. Entretanto, muitos cientistas e pesquisadores concordam que a técnica de manipulação do DNA é uma ferramenta poderosa e importante no estudo dos fenômenos biológicos com repercussão na saúde, no meio ambiente, na agricultura e na produção de alimentos. Bem manipulada e devidamente voltada para os interesses maiores da humanidade, a Engenharia Genética pode contribuir decisivamente para a melhoria do padrão de vida do homem na Terra.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST-SP) Enzimas de restrição são fundamentais à Engenharia Genética porque permitem

A) a passagem de DNA através da membrana celular.

B) inibir a síntese de RNA a partir de DNA.

C) inibir a síntese de DNA a partir de RNA.

D) cortar o DNA onde ocorrem sequências específicas de bases.

E) modificar a sequência de bases do DNA.

02. (PUC-SP) Em um experimento de Engenharia Genética, alguns pesquisadores introduziram em células bacterianas uma sequência de DNA ativo, responsável pela produção de insulina humana.

A síntese desse hormônio proteico no interior das bactérias é

A) possível, pois, excetuando-se a referida sequência de DNA, as bactérias apresentam os componentes necessários à síntese de proteínas.

B) possível, se, além do referido gene, forem introduzidos ribossomas, componentes celulares ausentes em bactérias.

C) impossível, pois o RNA mensageiro correspondente à insulina não seria transcrito.

D) impossível, pois as bactérias não apresentam enzimas capazes de promover as ligações peptídicas encontradas na insulina.

E) impossível, pois o DNA bacteriano seria destruído pelo DNA humano, e as células perderiam a atividade.

03. (FCMMG) Uma das maiores conquistas da ciência na segunda metade do século XX foi a possibilidade de alterar características físicas ou mesmo comportamentais de seus seres vivos, pela intervenção em seu patrimônio genético.

Por meio da Engenharia Genética, é possível inserir material genético de um organismo doador no conjunto cromossômico de outra espécie, dita receptora, produzindo organismos, como soja resistente a herbicidas, batata produtora de toxinas que atuam como inseticidas, plantas resistentes a solos pobres e outras parafernálias biológicas.

Para os defensores da biotecnologia, estamos assistindo à salvação da lavoura, enquanto, para seus detratores, o que vemos é a praga definitiva do capitalismo globalizado e insustentável.

Independentemente das opiniões, os organismos assim obtidos têm, na nomenclatura científica atual, a denominação de

A) transgênicos.

B) translocados.

C) mutantes.

D) recombinantes.

04. (PUC-Campinas-SP) As técnicas de manipulação genética, utilizadas para a obtenção de seres transgênicos, permitiram a criação do primeiro transgênico de grande impacto na agricultura: a soja resistente a um potente herbicida, o *round-up*. Com o uso dessa variedade, as técnicas de controle de pragas nas culturas de soja sofreram mudanças, e os custos de produção diminuíram. A transferência de genes bacterianos para o genoma de uma planta amplamente cultivada e usada na alimentação animal e humana vem gerando, porém, questionamentos de cunho político, científico e filosófico.

Esses questionamentos justificam-se porque

A) o custo dos transgênicos será certamente maior do que o dos produtos convencionais.

B) todos os países passarão a produzir soja, prejudicando os atuais exportadores.

C) não se conhecem os efeitos que os transgênicos podem ter na saúde das pessoas.

D) eliminando-se as pragas da lavoura, muitas cadeias alimentares desaparecerão, beneficiando o meio ambiente.

E) os transgênicos simplificarão muitas cadeias alimentares, eliminando todos os competidores do homem e dos animais que ele cria.

05. (UFU-MG) A técnica do DNA recombinante foi usada para transferir o gene do vaga-lume, que codifica a enzima luciferase, para uma planta de fumo. A luciferase catalisa a reação de oxidação da substância luciferina, na qual é produzida a luz. Após ser regada com uma solução de luciferina, a planta transgênica começa a emitir luz.

Analise a afirmativa anterior e marque a resposta **CORRETA**.

A) Esse experimento pode mostrar que existem características evolutivas em comum entre genes animais e genes vegetais.

B) Essa técnica é impossível, porque não se consegue transferir genes de animais para plantas.

C) Podemos dizer que houve um transplante de genes, e a planta receptora passou a expressar a bioluminescência, que é uma característica do vaga-lume.

D) É possível concluir que genes vegetais, quando devidamente manipulados pela Engenharia Genética, podem expressar características animais.

E) A luciferina da planta transgênica em contato com o gene do vaga-lume induz a produção de luz.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFF-RJ) *Os cientistas franceses que criaram o animal transgênico e o artista brasileiro que fez a encomenda entram em conflito. Criador e artista já disputam a posse da "transcoelha". Eduardo Kac, artista plástico brasileiro e professor de Arte e Tecnologia em Chicago, batizou de Alba a coelha transgênica que tem uma propriedade peculiar: seus olhos rosados e seus pelos brancos ficam fluorescentes quando expostos à luz ultravioleta. Para conferir essa característica particular, os pesquisadores criaram um coelho que produz em todas as suas células a proteína GFP (proteína verde fluorescente, na sigla em inglês), presente naturalmente em medusas e que pode ser detectada sob luz ultravioleta.*

Disponível em: <http://paginas.terra.com.br/educacao/isaacelias/coelha.htm>. (Adaptação).

Considerando a tecnologia para a obtenção de transgênicos, são feitas as seguintes afirmativas:

I. A coelha Alba é considerada transgênica, pois possui em seu genoma um segmento de DNA de medusa.

II. Apenas as células somáticas tiveram o gene que codifica a proteína GFP inserido em seu genoma.

III. As células fluorescentes da coelha produzem RNA mensageiro, que no processo de tradução origina a proteína GFP.

IV. A coelha transgênica foi produzida a partir da introdução de um núcleo extraído de uma célula de medusa em um óvulo de coelha cujo núcleo tenha sido anteriormente removido.

Entre as afirmativas anteriores, somente estão **CORRETAS**

A) I e II.

B) I e III.

C) I e IV.

D) II e III.

E) III e IV.

02. (UFMG) Entre vários grupos de micro-organismos existe um que é representado por seres unicelulares procariontes que podem ser utilizados na produção industrial de insulina humana.

Esse grupo é constituído por

A) bactérias.

B) bacteriófagos.

C) fungos.

D) protozoários.

E) vírus.

03. (PUC Minas) Muitas bactérias são utilizadas hoje como fábricas de substâncias para o homem. É comum a inserção de pedaços de DNA (plasmídeos) no hialoplasma de bactérias. Através desse processo, já se produziram bactérias capazes de sintetizar o hormônio do crescimento e a insulina humana.

Nesses processos, o homem utiliza, **EXCETO**

A) Engenharia Genética.

B) biotecnologia.

C) clonagem gênica.

D) anfimixia.

04. (FCMMG) Em 1965, em artigo publicado na conceituada revista *Lancet*, o imunologista MacFarlene Burnet, detentor do Prêmio Nobel, afirmou que os conhecimentos sobre síntese de proteínas e código genético não teriam nenhuma aplicação prática útil para a espécie humana. A partir de 1970, desenvolveram-se as técnicas de manipulação gênica e suas aplicações têm alcançado diversas áreas. Uma dessas aplicações, na medicina, é

A) o diagnóstico pré-natal em gestantes portadoras de doenças infectocontagiosas.

B) o implante gênico para se evitar o albinismo.

C) a mudança do genótipo de mulheres Rh^- para impedir a eritroblastose fetal (DHR).

D) a produção de insulina humana por bactérias transgênicas.

05. (PUC Minas) A laranja-pera é a principal variedade cultivada no país para a produção de suco. Recentemente, pesquisadores do Paraná desenvolveram uma nova variedade dessa laranja. O vegetal foi transformado com um gene retirado da mosca-varejeira *Sarcophaga peregrina*. Esse gene contém a mensagem para a produção de um pequeno polipeptídeo denominado sarcotoxina, que possui ação bactericida. Espera-se que as plantas transformadas se tornem resistentes ao agente causador do cancro cítrico.

Com base no relato anterior e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa **INCORRETA**.

A) Os vegetais transformados são ditos transgênicos.

B) Para as moscas, a sarcotoxina provavelmente representa um mecanismo de defesa contra patógenos.

C) Podemos afirmar que a sarcotoxina não afetará a saúde humana, pelo simples fato de não termos organização celular bacteriana.

D) Todas as células do vegetal, e não só da laranja, deverão apresentar esse gene.

06. (UFRGS) Escolha a alternativa que apresenta um exemplo de transgenia.

A) Incorporação e expressão de gene humano que codifica insulina por bactérias.

B) Desenvolvimento de um organismo completo a partir de uma célula somática.

C) Organismo que apresenta tanto estruturas reprodutoras masculinas quanto femininas.

D) Gene que sofreu mutações, originando múltiplos alelos para um mesmo *locus*.

E) Organismo mais vigoroso, com muitos genes em heterozigose, resultante do cruzamento de duas variedades puras distintas.

07. (Mackenzie-SP) Atualmente, muita atenção tem sido dada às plantas transgênicas, que são obtidas por meio da manipulação humana. Considere as afirmações a seguir, a respeito dessas plantas.

I. Oferecem perigo ao homem porque contêm material radioativo.

II. Podem apresentar resistência contra agentes do meio ambiente, possibilitando sua produção em maior escala.

III. Representam um possível perigo ao meio ambiente, pois podem alterar o equilíbrio ecológico.

IV. Empobrecem o solo por consumirem muito mais nutrientes.

São **VERDADEIRAS**

A) apenas I e II.

B) apenas I e III.

C) apenas II e III.

D) apenas I, II e III.

E) I, II, III e IV.

08. (UFPel-RS) Um tema que vem despertando grande polêmica no Brasil atualmente é a liberação pelo cultivo comercial de plantas transgênicas. A obtenção dessas plantas se deve à biotecnologia.

A biotecnologia de Genética Molecular foi inicialmente aplicada a micróbios, mas hoje as mesmas técnicas estão sendo aplicadas a plantas e animais, resultando em tipos criados que nunca poderiam ter sido produzidos com a Genética Clássica. [...] Com a capacidade de mover genes de um organismo para outro, os cientistas produziram plantas que brilham porque expressam os genes de bioluminescência dos vaga-lumes; plantas que adquirem resistência ao frio por expressarem genes anticongelantes de peixes, e camundongos gigantes que expressam os genes do hormônio de crescimento de ratos.

O texto anterior se refere a organismos transgênicos, que são aqueles em cujo genoma foi introduzido um gene de uma outra espécie, ou mesmo um gene produzido em laboratório.

Assinale a alternativa que define o que é um gene.

A) Um gene é um cromossomo de célula vegetal ou animal.

B) Um gene é um segmento do DNA que contém a informação necessária para a produção de uma determinada proteína.

C) Um gene é uma proteína que tem a função específica em uma determinada rota metabólica.

D) Um gene é uma molécula de RNA que atua diretamente na síntese proteica.

E) Um gene é uma cadeia de aminoácidos que codifica o código genético.

09. (Unifenas-MG) Através de manipulação genética, podem-se inserir, em sementes de soja, genes da castanha-do-pará, tornando-a mais nutritiva. Esse procedimento científico faz com que a soja manipulada seja classificada como vegetal

A) clonado.

B) mutante.

C) transgênico.

D) heterozigoto.

E) replicado.

10. (UEL–2011) Com base no texto e nos conhecimentos sobre terapia gênica, considere as afirmativas a seguir.

I. Um gene funcional pode ser inserido em local não específico do genoma para a substituição de um gene não funcional.

II. Um gene não funcional pode ser substituído por um gene funcional por recombinação genética.

III. Um gene não funcional pode ser corrigido por apoptose, o que retorna o gene à sua composição normal.

IV. Uma cópia funcional do alelo pode ser adicionada em substituição ao alelo não funcional.

Assinale a alternativa correta.

A) Somente as afirmativas I e II são corretas.

B) Somente as afirmativas I e III são corretas.

C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

D) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

E) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas

11. (PUC-SP) No vaga-lume, há um gene que determina a produção de luciferase, enzima responsável pela oxidação da substância luciferina, levando à produção da luz.

Por meio da Engenharia Genética, esse gene foi transferido para uma célula vegetal, e a partir desta, obteve-se uma planta inteira. Após ser regada com solução de luciferina, a referida planta começou a emitir luz.

O resultado desse experimento indica que a planta

A) incorporou um segmento de RNA do vaga-lume, a partir do qual as células da planta produziram RNA e luciferase.

B) incorporou um segmento de RNA do vaga-lume, a partir do qual as células da planta produziram DNA e luciferase.

C) incorporou um segmento de DNA do vaga-lume, que possibilitou às células da planta a produção de luciferase.

D) incorporou um segmento de DNA do vaga-lume, que não possibilitou a produção de RNA e nem de luciferase.

E) não expressou o gene do vaga-lume.

12. (UFSC) *Porcos têm sido criados transgenicamente para que seus órgãos possam ser transplantados em homens; cientistas desenvolvem ovelhas "autotosquiáveis", isto é, a lã cai sozinha no devido tempo; genes de galinha são introduzidos em batatas, deixando os vegetarianos confusos com a perspectiva de cruzar animais com plantas [...]*

Ciclo vital, v. 4, p. 14. 1999.

A citação anterior mostra avanços da Engenharia Genética.

Assinale a(s) proposição(ões) **VERDADEIRA(S)** sobre a transgenia e suas aplicações com relação à saúde e ao meio ambiente.

( ) Os organismos transgênicos são aqueles que recebem segmentos de DNA da mesma espécie.

( ) Os genes alienígenas permitem ao organismo receptor produzir substâncias que nunca produziriam em condições naturais.

( ) Os alimentos transgênicos não representam nenhuma ameaça à saúde humana, e, por isso, não necessitam ser testados em outras espécies de animais, antes de chegarem ao homem.

( ) A produção de insulina, a partir de transferência de genes humanos para bactérias, que passam, *incontinenti*, a produzir esse hormônio, é uma das experiências bem-sucedidas da transgenia.

( ) Cientistas interferem na evolução natural das espécies, alterando geneticamente animais e plantas.

( ) É fundamental o estabelecimento de limites, tanto por parte dos cientistas como dos governantes, para que as manipulações genéticas não resultem em impactos ambientais irreversíveis.

13. (UFRJ) As técnicas modernas de Engenharia Genética tornaram possível a produção de plantas transgênicas que possuem genes produzidos artificialmente no seu genoma. Entre as várias estratégias de produção de plantas transgênicas, destacamos duas:

I. Plantas resistentes a certos vírus patogênicos que, na ausência do gene de resistência, as matariam.

II. Plantas mais resistentes aos efeitos dos defensivos agrícolas (agrotóxicos). Essas plantas toleram concentrações maiores de agrotóxicos sem alterar as propriedades tóxicas dos defensivos agrícolas.

Do ponto de vista ambiental, qual das duas estratégias não é recomendável? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

14. (UFES) A partir da década de 1970, as moléculas de ácidos nucleicos da célula passaram a ser exploradas através da utilização de novas metodologias, conhecidas como tecnologia do DNA recombinante. Por meio dessa tecnologia, a medicina e a indústria ganharam alternativas eficientes para a produção, em grande escala, de determinadas proteínas, que antes eram disponíveis em quantidades extremamente reduzidas.

A) Qual é a função das endonucleases de restrição e a das ligases na aplicação da tecnologia anteriormente citada?

B) **EXPLIQUE** como a tecnologia do DNA recombinante participa no processo de produção de organismos transgênicos.

C) **CITE** dois produtos, utilizados pelo homem, que foram obtidos a partir da aplicação da tecnologia do DNA recombinante.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo, ao receber material genético de outra espécie ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana.

O belga René Magritte (1896-1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas.

Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, a seguir, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?

A)

D)

B)

E)

C)

02. (Enem–2009) Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para troná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos.

CIÊNCIA HOJE, 24 abr. 2001
Disponível em: http://cienciahoje.uol.com.br (Adaptação)

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

A) o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
B) a seleção de micro-organismos resistentes a antibióticos.
C) o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
D) impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.
E) a criação de animais transgênicos.

GABARITO

Fixação

01. D
02. A
03. A
04. C
05. C

Propostos

01. B
02. A
03. D
04. D
05. C
06. A
07. C
08. B
09. C
10. D
11. C
12. F V F V V V
13. A estratégia II. A maior resistência das plantas aos agrotóxicos permitirá o aumento da quantidade dessas substâncias lançadas no ambiente, com consequente contaminação do solo e das águas, podendo levar à eliminação de várias espécies.
14. A) Endonucleases de restrição são enzimas que cortam o DNA em locais específicos. As ligases são enzimas que permitem a ligação (união) dos trechos cortados a outro segmento de DNA, permitindo, assim, a formação de um DNA recombinante.

    B) A tecnologia do DNA recombinante permite a inserção (introdução) de genes (segmentos de DNA) de um organismo em outro de espécie diferente, permitindo, assim, a formação de seres transgênicos.

    C) Insulina, somatotrofina (hormônio do crescimento) e interferon são exemplos de substâncias que podem ser produzidas pela tecnologia do DNA recombinante.

Seção Enem

01. B
02. D

BIOLOGIA

Origem da vida

MÓDULO 11 | FRENTE D

Como surgiram na Terra os primeiros seres vivos? Essa pergunta tem sido feita pelo homem desde os tempos mais remotos. Do ponto de vista religioso, quase todas as crenças admitem a existência de um ser superior, criador de todas as coisas do Universo, inclusive dos seres vivos. A essa concepção religiosa dá-se o nome de criacionismo. Já do ponto de vista científico, existem hipóteses que procuram explicar o surgimento dos primeiros seres vivos em nosso planeta, algumas das quais abordaremos neste módulo.

HIPÓTESE DA PANSPERMIA CÓSMICA (COSMOZOÁRIOS)

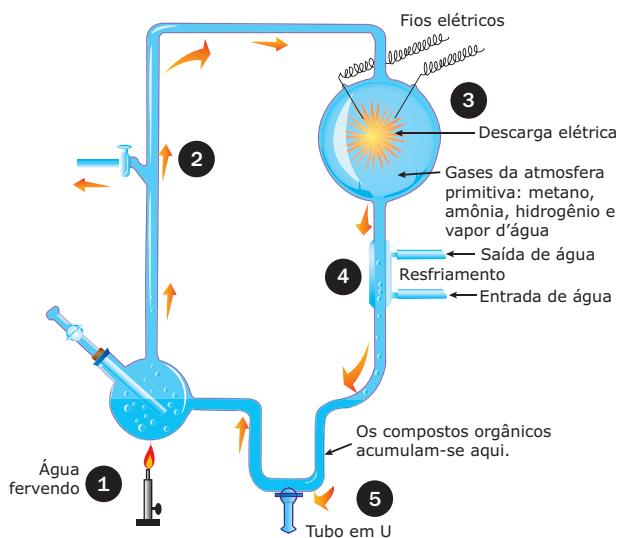
Essa hipótese admite uma origem extraterrestre para a vida em nosso planeta. O panspermismo supõe que micro-organismos oriundos de outros pontos do espaço, transportados por meteoros ou por meteoritos, teriam chegado ao nosso planeta e, encontrando condições favoráveis de sobrevivência, teriam se proliferado, começando o povoamento da Terra.

Embora aceita por alguns, essa hipótese apresenta duas grandes restrições:

- As formas de vida conhecidas, mesmo as mais resistentes, como os esporos de bactérias e os cistos de protozoários, dificilmente resistiriam, sem proteção adequada, às grandes adversidades cósmicas, tais como as grandes variações de temperatura e as radiações mortais de alta intensidade.
- A hipótese não explica a origem da vida; apenas transfere o problema da Terra para outro ponto qualquer do Universo. E como teria surgido a vida nesse outro ponto do Universo? A hipótese não explica.

HIPÓTESE HETEROTRÓFICA

Baseada, fundamentalmente, nas ideias de Aleksandr Ivanovich Oparin, cientista russo com notáveis conhecimentos de Astronomia, Geologia, Biologia e Bioquímica, essa hipótese, embora também tenha suas restrições, é a mais aceita pela comunidade científica atual.

Em seu livro *A Origem da Vida*, publicado em 1936, Oparin procurou mostrar a provável origem da vida a partir de compostos orgânicos que teriam se formado no ambiente primitivo da Terra. A formação dessas moléculas orgânicas, antes mesmo do surgimento dos primeiros seres vivos, é o que se denomina evolução pré-biológica.

O ponto de partida dessa hipótese são as supostas condições que devem ter existido na Terra primitiva. Tais condições, segundo alguns cientistas, eram:

- Os gases predominantes na atmosfera da Terra primitiva eram, principalmente, a amônia (NH_3), o metano (CH_4), o hidrogênio (H_2) e o vapor-d'água (H_2O). Esses gases teriam se originado das rochas fundidas, quando a superfície do nosso planeta ainda se encontrava solidificada, e das atividades vulcânicas que, conforme se sabe, liberam quantidades significativas de vapor-d'água e outros gases. Assim, os gases que predominavam na atmosfera primitiva não eram os mesmos que agora predominam em nossa atmosfera (N_2 e O_2).
- A condensação do vapor-d'água originava chuvas que caíam sobre a crosta bastante aquecida. Com isso, a água evaporava rapidamente e novas condensações originavam constantes tempestades que eram acompanhadas por inúmeras descargas elétricas (raios).
- Não existia ainda uma camada de ozônio (O_3) perfeitamente formada, o que acarretava um verdadeiro "bombardeio" na superfície terrestre por radiações ultravioleta de alta intensidade.

Partindo dessas supostas condições que teriam existido na Terra primitiva, Oparin imaginou que a alta temperatura do planeta e a ocorrência de descargas elétricas na atmosfera pudessem ter provocado reações químicas entre os gases (amônia, metano, hidrogênio e vapor-d'água), fazendo surgir compostos orgânicos como aminoácidos, monossacarídeos, ácidos graxos, etc. Esses compostos orgânicos formados na atmosfera teriam se precipitado, junto com a água das chuvas, na superfície do planeta. Devido à alta temperatura da superfície, a água retornava rapidamente à atmosfera por evaporação, deixando os compostos orgânicos sobre as rochas bastante aquecidos.

Em 1953, Stanley Miller construiu uma aparelhagem por meio da qual procurou recriar as supostas condições da nossa atmosfera primitiva. Colocou num balão de vidro: amônia, metano, hidrogênio e vapor-d'água. Submeteu esses gases ao aquecimento prolongado e a constantes descargas elétricas de alta intensidade. Depois de certo tempo, Miller constatou a formação de alguns aminoácidos no interior de sua aparelhagem.

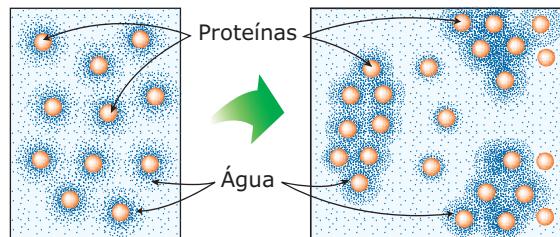
Essa experiência de Miller está esquematizada na figura a seguir:

Experiência de Miller, simulando as condições atmosféricas da Terra primitiva *– Miller introduziu em seu aparelho metano, amônia, hidrogênio e vapor-d'água. O vapor-d'água era produzido pela fervura da água do balão (**1**). Pelo aquecimento, os gases são forçados a circular no sentido das setas (**2**). A mistura passa no interior de um grande balão, no qual ocorrem descargas elétricas de cerca de 60 000 volts (**3**). Essas descargas simulam os raios. O vapor-d'água é, em seguida, resfriado e condensado (**4**). Isso simula a condensação de vapor-d'água nas camadas superiores da atmosfera e as chuvas. Os compostos formados nesse sistema depositam-se na parte do tubo em forma de U (**5**).*

OBSERVAÇÃO

Para alguns cientistas, a composição da atmosfera primitiva não teria nem CH_4 (metano) nem NH_3 (amônia), sendo constituída por vapor-d'água, H_2 (hidrogênio), N_2 (nitrogênio), grande quantidade de CO_2 (gás carbônico) e CO (monóxido de carbono), provenientes das intensas erupções vulcânicas da época. Entretanto, mesmo admitindo essa nova composição de gases da atmosfera primitiva, as ideias de Oparin não são invalidadas, uma vez que com essa nova composição de gases também teria sido possível a formação de aminoácidos e outras substâncias orgânicas, conforme se demostrou por meio de experimentos semelhantes ao de Miller.

Miller, com o seu experimento, comprovou que é possível, sob certas condições especiais, formar aminoácidos abiogeneticamente, isto é, sem a participação de seres vivos. Se, experimentalmente, isso pode ocorrer, por que não poderia também ter ocorrido em condições naturais na nossa atmosfera primitiva?

Um outro cientista, Melvin Calvin, realizou experimentos semelhantes ao de Miller; porém, bombardeou os gases da atmosfera primitiva com radiações e obteve, entre outros, compostos orgânicos do tipo carboidrato.

As experiências de Miller, Calvin e outros demonstraram a possibilidade da formação de diferentes tipos de compostos orgânicos antes do surgimento de seres vivos na Terra. Isso, evidentemente, fortaleceu ainda mais a hipótese de Oparin.

Oparin presumiu que as moléculas de aminoácidos sobre as rochas aquecidas, sob estímulo de calor, pudessem combinar-se por ligações peptídicas, dando origem a moléculas maiores, denominadas protenoides, que seriam as primeiras proteínas a existir na Terra.

Em 1957, Sidney Fox submeteu uma mistura de aminoácidos secos a aquecimento prolongado e demonstrou que eles reagiam entre si, formando cadeias peptídicas, com o aparecimento de moléculas proteicas pequenas. Essa demonstração de Fox também contribuiu para fortalecer a hipótese de Oparin.

Continuando seu raciocínio, Oparin admite que a insistência das chuvas por milhões de anos e o resfriamento da superfície terrestre acabou levando ao aparecimento dos primeiros mares na Terra. Para esses mares primitivos, foram sendo arrastadas as proteínas e outros compostos orgânicos que se formavam sobre as rochas quentes. Os mares primitivos seriam, então, uma verdadeira "sopa orgânica" ou "caldo orgânico".

Nos mares primitivos, as proteínas, juntamente com a água, teriam formado sistemas coloidais (coloides). Da aglomeração e da interpenetração dos coloides teriam surgido os coacervados (coacervar = reunir). O coacervado é um sistema coloidal mais complexo, em que um aglomerado de moléculas proteicas fica envolvido por uma mesma camada de água. Veja a figura a seguir:

Coloide: cada molécula de proteína está envolta por uma capa de água.

Coacervado: grupos de proteínas compartilhando a mesma capa de água.

Os coacervados poderiam ter se difundido nos mares primitivos e, com o passar do tempo, poderiam ir englobando partículas orgânicas e inorgânicas, que iriam se aderindo a eles, transformando-os em grandes complexos químicos que abrigavam inúmeras substâncias (proteínas, ácidos graxos, carboidratos, aminoácidos, etc.). Nesse tempo, já deveriam ter surgido proteínas com capacidade catalisadora, isto é, enzimas, que aceleravam os processos de síntese de novas substâncias. Assim, compostos ricos em radicais fosforados poderiam ter se combinado com proteínas, formando nucleoproteínas com capacidade de autoduplicação. Essas nucleoproteínas autoduplicáveis seriam os protogenes, isto é, os genes primitivos.

Esses protogenes teriam se associado uns aos outros, formando filamentos, os cromossomos. Esses cromossomos primitivos, envoltos pela massa de coacervados, originaram gotículas quase vivas, as pré-células. A posterior organização de moléculas proteicas e lipídicas na periferia das pré-células fez surgir uma membrana lipoproteica, reguladora do trânsito de substâncias entre o exterior e o interior daqueles microscópicos glóbulos. Com o seu equipamento de nucleoproteínas e de enzimas, a gotícula assumia um certo grau de autonomia para funcionar e para se reproduzir. Teriam surgido, assim, as mais rudimentares e primitivas células. Surgia a vida no planeta Terra.

O estudo dos fósseis mais antigos revela que aproximadamente 3,5 bilhões de anos separam os nossos dias do período em que a Terra conheceu as primeiras formas de vida. Estudos geológicos, por sua vez, indicam que o nosso planeta tem idade em torno de 4,5 a 5 bilhões de anos. Portanto, durante parte de sua existência, a Terra foi um planeta despovoado. Durante esse período é que teriam ocorrido os fenômenos relacionados por Oparin em sua hipótese.

Ainda de acordo com a hipótese heterotrófica, as primeiras células surgidas nos mares primitivos devem ter sido heterótrofas. Sabe-se que o mecanismo enzimático dos autótrofos é muito mais complexo do que o dos heterótrofos. Num processo evolutivo qualquer, surgem, primeiramente, as estruturas mais simples que, por meio de modificações, vão se tornando cada vez mais complexas. Assim, o processo evolutivo dos seres vivos ocorrido na natureza não deve ter sido diferente. Com base nesse raciocínio, é mais lógico admitir que os primeiros seres vivos, dotados de mecanismos enzimáticos mais simples, devem ter sido heterótrofos. Daí se falar em hipótese heterotrófica. Essa hipótese admite que esses primeiros seres vivos heterótrofos obtinham no próprio meio em que viviam, isto é, nos mares primitivos, o alimento necessário para sua manutenção e sobrevivência. Lembre-se de que, de acordo com Oparin, os mares primitivos eram verdadeiras "sopas orgânicas".

Como esses primeiros seres vivos obtinham energia dos alimentos? Seriam eles aeróbios ou anaeróbios? Como o mecanismo enzimático da respiração aeróbia é mais complexo do que o da respiração anaeróbia e como no meio ambiente ainda não existia o oxigênio livre (O_2), é de se supor que tenham sido anaeróbios, obtendo energia dos alimentos através da fermentação (processo anaeróbio de obtenção de energia).

Com a evolução, algumas células adquiriram a capacidade de sintetizar a clorofila ou pigmento semelhante. Com capacidade de reter e de utilizar a energia da luz solar, tornou-se possível a realização da fotossíntese. Surgiram, então, os primeiros autótrofos fotossintetizantes. Como esses seres passaram a eliminar o O_2 no meio ambiente, isso possibilitou o surgimento de seres de respiração aeróbia, isto é, os aeróbios.

Conforme acabamos de ver, segundo a hipótese heterotrófica sobre a origem da vida, os principais fenômenos bioquímicos relacionados com a obtenção e com o gasto de energia surgiram na Terra na seguinte sequência:

Fermentação → Fotossíntese → Respiração aeróbia

A hipótese heterotrófica, embora seja a mais aceita atualmente, também tem suas restrições. Ela não explica, por exemplo, como se deu o surgimento do código genético, ou seja, como no início da vida as moléculas de ácidos nucleicos assumiram o controle da síntese de proteínas. Lembre-se de que, nas células atuais, a síntese de proteínas está diretamente ligada às informações existentes nas moléculas do DNA (há uma correspondência entre as tríades do DNA e o aminoácido que será introduzido na molécula proteica). O surgimento do código genético continua sendo um grande mistério.

HIPÓTESE AUTOTRÓFICA

A hipótese autotrófica difere da heterotrófica pelo fato de admitir que os primeiros seres vivos da Terra seriam autótrofos, isto é, capazes de fabricar seu próprio alimento. Essa ideia é aparentemente lógica, uma vez que todo ser vivo necessita de alimento. E, como a primeira forma de vida não dispunha de nenhum outro ser vivo para lhe servir de alimento, ela deveria, para sobreviver, ser autótrofa. No entanto, sabe-se que as reações do metabolismo autótrofo são muito complexas. É aí que está a restrição à hipótese autotrófica: se os primeiros seres vivos eram autótrofos, deveriam ter mecanismos enzimáticos complexos, o que contraria a Teoria da Evolução. Segundo a teoria evolucionista, é mais lógico supor que as primeiras formas de vida tenham sido extremamente simples e que, ao longo do tempo, por meio de um lento e progressivo processo evolutivo, foram se tornando cada vez mais complexas, originando toda essa variedade de organismos que conhecemos.

Apesar de a hipótese heterotrófica ainda ser a mais aceita pela comunidade científica, a hipótese autotrófica tem ganhado cada vez mais adeptos entre os cientistas, notadamente a partir de 1997, quando ocorreu a descoberta das chamadas fontes termais submarinas (locais de onde emanam gases quentes e sulfurosos que saem de aberturas no assoalho marinho). Nesses locais, existe vida abundante, tendo, na base da cadeia alimentar, bactérias autótrofas, que não realizam fotossíntese, uma vez que não existe luz nessas profundezas. Esses seres, genericamente chamados de quimiolitoautotróficos (do grego *litós*, rocha), na realidade fazem quimiossíntese, utilizando energia liberada por reações entre componentes inorgânicos para fabricar suas próprias substâncias alimentares.

A descoberta das bactérias que vivem nas fontes termais acendeu ainda mais entre alguns pesquisadores a ideia de que os primeiros seres vivos eram autótrofos e teriam surgido nesse tipo de ambiente. Assim, segundo a hipótese autotrófica, a quimiossíntese teria surgido primeiro. Depois, teriam surgido a fermentação, a fotossíntese e, finalmente, a respiração aeróbia.

Como se vê, a origem da vida é ainda uma questão bastante polêmica e cercada de mistérios.

LEITURA COMPLEMENTAR

Biogênese x Abiogênese

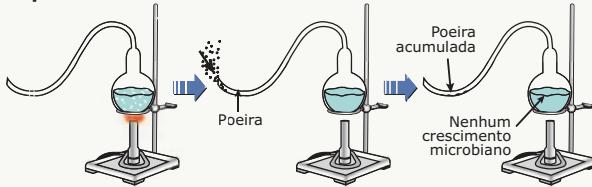
Segundo a teoria da biogênese, os seres vivos se originam somente a partir de outros seres vivos preexistentes, através da reprodução. Entretanto, durante muito tempo, acreditou-se que seres vivos também poderiam surgir a partir da matéria bruta. Essa ideia de que a vida pode surgir da matéria sem vida ficou conhecida como abiogênese.

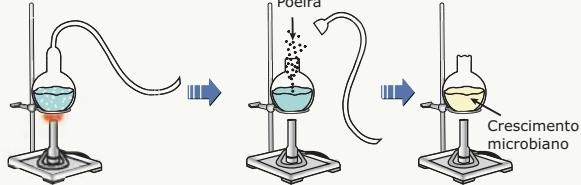
Desde a Antiguidade, acreditava-se que a matéria bruta poderia espontaneamente gerar seres vivos, desde que contivesse um misterioso princípio necessário à vida, denominado "princípio ativo" ou "princípio vital". Essa teoria, que também ficou conhecida como teoria da "geração espontânea", teve muitos adeptos ao longo dos séculos. Acreditava-se, por exemplo, que moscas e girinos pudessem nascer da matéria bruta. No século XVII, um médico belga, Jan Baptist Helmont, chegou até a elaborar uma "receita" para produzir ratos, em 21 dias, a partir de camisas sujas de suor e grãos de trigo, colocados em locais protegidos e pouco iluminados.

Um dos primeiros cientistas contrários à teoria da "geração espontânea" foi o médico italiano Francesco Redi. Em 1668, Redi demonstrou, experimentalmente, que os pequenos "vermes" que apareciam na carne em putrefação não eram gerados pela própria carne como se pensava e, sim, por ovos depositados por moscas adultas.

Experimento de Redi *– Pedaços de carne foram colocados em oito vidros, sendo que quatro foram cobertos com gaze, impedindo a entrada de moscas, e os outros permaneceram abertos, permitindo, assim, a entrada das moscas. Após alguns dias, Redi constatou a presença de "vermes" (larvas de moscas) apenas nos vidros que ficaram destampados.*

O resultado do experimento de Redi abalou a credibilidade da teoria da geração espontânea. Entretanto, ainda no século XVII, a descoberta dos micro-organismos, realizada pelo holandês Antonie van Leeuwenhoek, reavivou a ideia da geração espontânea. Os adeptos da abiogênese acreditavam que tais seres, por serem tão simples e de dimensões tão pequenas, não possuíam qualquer mecanismo de reprodução, devendo, portanto, surgir no próprio meio por geração espontânea.

Em 1745, a ideia de que os micro-organismos surgiam por geração espontânea foi reforçada com o experimento do naturalista inglês John Needham. Needham colocou caldos orgânicos (caldo de carne, por exemplo) em diversos frascos que foram então aquecidos e fechados hermeticamente. Após alguns dias, ao analisar o conteúdo dos frascos, verificou a presença de inúmeros micro-organismos. Segundo Needham, o aquecimento teria destruído qualquer forma de vida porventura presente nos referidos caldos e, assim, os micro-organismos que apareceram só poderiam ter surgido por "geração espontânea".

No século XVIII, Lazzaro Spallanzani, padre italiano e defensor da biogênese, refez o experimento de Needham, porém fervendo os frascos ao invés de simplesmente aquecê-los.

Após alguns dias, constatou que os frascos não continham micro-organismos. Concluiu, então, que Needham não havia aquecido suficientemente os frascos e, por isso, não destruiu todos os micro-organismos ali já existentes. Needham rebateu, alegando que a fervura teria destruído o "princípio ativo", o que explicaria a ausência dos micro-organismos nos frascos.

No final do século XVIII, a descoberta do gás oxigênio e o seu papel essencial à vida também contribuiram para rebater o experimento de Spallanzani. Para os defensores da geração espontânea, a fervura dos caldos orgânicos e a vedação hermética impediriam a geração dos micro-organismos, uma vez que excluíam do interior dos frascos o oxigênio, gás que na época era considerado essencial para a sobrevivência de qualquer forma de vida.

A derrubada definitiva da hipótese de que micro-organismos seriam formados por "geração espontânea" só ocorreu em 1862, com os famosos experimentos dos frascos em "pescoço de cisne", idealizados e realizados pelo cientista francês Louis Pasteur.

Experimento 1

Experimento 2

Experimentos de Pasteur *– Pasteur colocou caldos orgânicos em frascos de vidro e, aquecendo-os, puxou o gargalo dos mesmos, produzindo assim um "pescoço em S" ("pescoço de cisne"), o que não impede a penetração do ar e, consequentemente, do oxigênio no interior dos frascos. Em seguida, os caldos no interior dos frascos foram fervidos para ocasionar a morte dos micro-organismos por ventura neles presentes. Após o resfriamento dos frascos, Pasteur observou que no experimento 1 as partículas em suspensão*

no ar (poeira, micro-organismos) ficaram retidas nas curvas úmidas do gargalo do frasco e, desse modo, o caldo nutritivo não foi contaminado, permanecendo estéril, destituído de micro-organismos, à semelhança do que acontecera no experimento de Spallanzani. No experimento 2, Pasteur demonstrou que a fervura não havia destruído nenhum "princípio ativo", uma vez que, ao quebrar o gargalo do frasco, permitindo que o ar contaminado entrasse em contato com o caldo, nele observou uma intensa proliferação de micro-organismos. O fato de os micro-organismos terem surgido apenas quando o ar "contaminado" entrava em contato direto com o caldo nutritivo esterilizado permitiu a Pasteur concluir que os micro-organismos encontrados no caldo do experimento 2 tiveram origem a partir de micro-organismos já existentes no ar contaminado, e não por geração espontânea. Apenas após ser "contaminada" por organismos vivos a vida surge nos frascos.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Rio) Em evolução, existe uma teoria, hoje considerada ultrapassada, que afirma a possibilidade do surgimento de espécies a partir de matéria não viva, como girinos, que se originariam da lama, ou larvas, que se originariam de carne em decomposição. Essa teoria é denominada de

A) criação especial.

B) seleção natural.

C) transmutação das espécies.

D) geração espontânea.

E) refúgio ecológico.

02. (UFPI) "Todo ser vivo se origina por reprodução de outro ser vivo da mesma espécie."

O texto anterior está de acordo com a

A) teoria da geração espontânea.

B) teoria da biogênese.

C) hipótese heterotrófica da origem da vida.

D) hipótese autotrófica da origem da vida.

E) hipótese do criacionismo.

03. (UEMS–2009) A origem da vida no planeta foi possível devido a uma série de eventos que se sucederam. Em relação a esse fato, analise as proposições:

I. Aumento gradativo da concentração de oxigênio na atmosfera.

II. Aparecimento de organismo quimiossintetizante fermentador.

III. Surgimento de organismo capaz de utilizar a energia luminosa.

A ordem considerada mais aceita, em que os eventos acima aconteceram, está contida na alternativa:

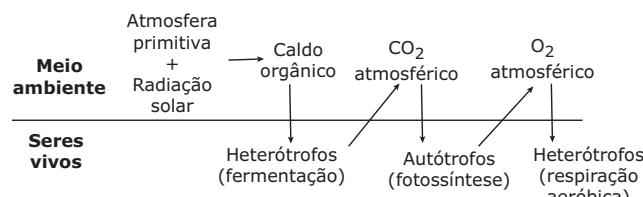
A) I, II, III

B) II, I, III

C) III, II, I

D) III, I, II

E) II, III, I

04. (Cesgranrio) Em 1953, com um aparelho bem engenhoso, o pesquisador Stanley Miller acrescentou um elemento a mais para a compreensão da origem da vida. Reproduzindo as condições ambientais primitivas no seu aparelho, conseguiu obter aminoácidos sem a participação de seres vivos, tendo usado para isso apenas

A) ADN, ATP, acetil-coenzima A e metano.

B) ADN, ATP, oxigênio, luz e calor.

C) água, nitrogênio, carbono e faíscas elétricas.

D) metano, água, NH_3, H_2 e descargas elétricas.

E) água, glicose, amônia e radiação luminosa.

05. (OSEC-SP) Qual das alternativas a seguir expressa melhor a ordem cronológica **CORRETA** dos acontecimentos relacionados com a origem e evolução dos sistemas energéticos?

A) Fotossíntese – respiração aeróbica – fermentação

B) Fermentação – fotossíntese – respiração aeróbica

C) Respiração aeróbica – fermentação – fotossíntese

D) Fermentação – respiração aeróbica – fotossíntese

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG)

O quadro representa o processo de origem e evolução dos seres vivos, segundo a hipótese heterotrófica. Supondo-se que, durante esse processo, não tivessem surgido os seres autotróficos, poderiam advir todas as consequências, **EXCETO**

A) impossibilidade de aparecerem organismos aeróbicos como os atuais.

B) falta de condições que favoreceriam o aparecimento de vegetais semelhantes aos atuais.

C) ausência de CO_2 na atmosfera, fazendo com que ela fosse diferente da atual.

D) proliferação de seres vivos com baixo rendimento energético.

E) proliferação de seres vivos capazes de realizar quimiossíntese.

02. (UFRGS) Na hipótese heterotrófica da origem da vida, supõe-se que os organismos mais primitivos obtinham energia do alimento por meio da

A) respiração aeróbica.

B) biogênese.

C) fotólise.

D) fermentação.

E) fotossíntese.

BIOLOGIA

03. (UFBA) O surgimento de organismos com capacidade de utilizar a energia luminosa foi uma inovação importante na história da evolução da vida. Em consequência, houve na atmosfera um aumento gradativo na concentração de

A) O_2. B) N_2. C) CO_2. D) NH_3. E) CH_4.

04. (PUC-SP) Considere os seguintes eventos relativos à origem da vida:

I. Aparecimento do processo de fermentação.

II. Formação de coacervados.

III. Aparecimento dos processos de fotossíntese e respiração aeróbica.

IV. Estabelecimento do equilíbrio entre heterótrofos e autótrofos.

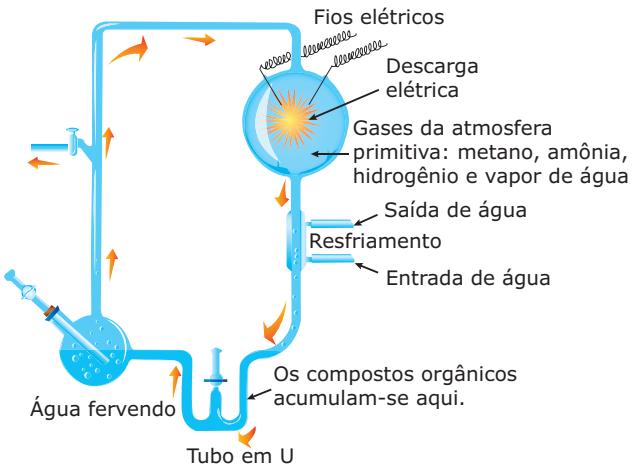
A ordem lógica em que esses eventos ocorreram é

A) I – II – III – IV.

B) I – II – IV – III.

C) II – I – III – IV.

D) II – III – IV – I.

E) IV – III – II – I.

05. (FMIT–MG) Suponhamos que um dos planetas do Sistema Solar tenha, atualmente, as mesmas condições que a Terra primitiva deve ter apresentado antes do aparecimento do primeiro ser vivo. Essas condições podem ser

I. atmosfera contendo 80% de nitrogênio livre.

II. tempestades contínuas e violentas.

III. produção e consumo contínuos de CO_2 e O_2.

IV. atmosfera contendo vapor de água, metano, amônia e hidrogênio.

V. altas temperaturas.

VI. presença da camada protetora de ozônio na atmosfera.

Das condições enumeradas anteriormente, são **VERDADEIRAS**

A) apenas I, II e VI.

B) apenas II, III, IV e V.

C) apenas I, III e V.

D) apenas duas das afirmativas.

E) apenas II, IV e V.

06. (FCMMG)

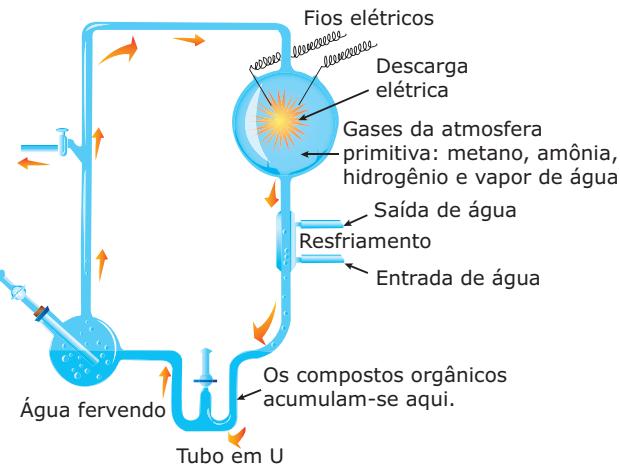
A ilustração anterior representa a montagem de Miller (1953) sobre a evolução dos sistemas químicos. O seu objetivo é demonstrar que

A) a atmosfera primitiva da Terra não possuía oxigênio.

B) os primeiros seres vivos eram autotróficos fermentativos.

C) é possível a formação de compostos orgânicos abiogeneticamente, em condições especiais.

D) a hipótese heterotrófica da origem da vida é mais consistente que a hipótese autotrófica.

E) os primeiros compostos orgânicos simples surgiram nos mares quentes da Terra primitiva.

07. (UFBA) *Como esses primeiros organismos eram incapazes de sintetizar compostos ricos em energia, a vida poderia ter desaparecido da Terra após a utilização dos compostos de carbono formados pelo processo abiótico na massa líquida onde eles viviam.*

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.

Nas condições anteriormente descritas, a manutenção da vida em nosso planeta dependeu do aparecimento de organismos

A) aeróbios.

B) fermentativos.

C) heterótrofos.

D) eucariontes.

E) autótrofos.

08. (UFU-MG)

Em 1953, Stanley Miller construiu um aparelho que simulava as condições da atmosfera primitiva da Terra (figura anterior). Submeteu, então, uma mistura de CH_4,NH_3, H_2 e vapor-d'água a alta temperatura e a descargas elétricas, obtendo moléculas de aminoácidos. Com esse experimento, Miller demonstrou que

A) na atmosfera primitiva existiam gases simples que não reagiam entre si.

B) moléculas orgânicas não se formavam na atmosfera primitiva.

C) pode ter acontecido uma evolução gradual de sistemas químicos, propiciando o aparecimento de moléculas mais complexas.

D) é mais provável que o primeiro ser vivo que apareceu na Terra tenha sido um ser autótrofo.

E) substâncias orgânicas só se formam por meio de reações químicas que ocorrem nos seres vivos.

09. (UEPG–2010) Na atualidade, há várias formas diferentes de pensar a respeito do mistério que envolve a origem da vida. Sobre essas teorias, assinale o que for **CORRETO.**

01. A teoria da origem por evolução química afirma que a vida teria surgido de forma espontânea no nosso planeta, por evolução química de moléculas inorgânicas do meio ambiente. O químico Fox foi o primeiro a derrubar a ideia de que substâncias orgânicas só poderiam ser produzidas por seres vivos, produzindo em laboratório a ureia, substância orgânica encontrada na urina a partir de substâncias inorgânicas simples.

02. A teoria da origem extraterrestre propõe que a vida se originou fora da Terra, chegou ao nosso planeta sob a forma de esporos trazidos por meteoritos vindos do espaço, que teriam se desenvolvido nas condições favoráveis da Terra.

04. A teoria da criação divina afirma que a vida foi criada por uma força superior. Evidentemente, essa teoria não pode ser verificada de forma científica. Assim, essa crença, embora respeitável, tem mais a ver com fé do que com ciência.

08. Um dos primeiros cientistas a organizar as ideias plausíveis a respeito da origem da vida foi Alexander Oparin. Ele afirmava que a partir de uma "sopa" de aminoácidos existentes nos mares teriam surgido os primeiros seres vivos, denominados coacervados, que eram autótrofos.

Soma ( )

10. (UFSCar-SP) Sobre a origem da vida, considere as seguintes afirmativas:

I. Todas as reações químicas relacionadas com a síntese de alimento são muito complexas, exigindo do organismo uma estrutura também complexa.

II. A forma mais primitiva de vida se desenvolveu vagarosamente, através do tempo, a partir de substância inanimada, formando-se num ambiente complexo um ser extremamente simples, incapaz de fabricar seu alimento.

Sobre essas afirmativas, podemos dizer que

A) a afirmativa II exprime a ideia completa sobre a geração espontânea, porque acentua o fato de que houve evolução gradativa de matéria bruta para o ser vivo.

B) as afirmativas I e II completam a ideia básica da hipótese autotrófica.

C) a afirmativa II exprime a ideia básica da hipótese autotrófica.

D) a afirmativa I exprime a ideia da teoria da geração espontânea.

E) a afirmativa II exprime a ideia básica da hipótese heterotrófica.

11. (UFV-MG) Observe os dados a seguir e assinale a alternativa **CORRETA**.

I. Origem da célula eucariótica

II. Fotossíntese

III. Origem da célula

IV. Respiração

V. Fermentação

VI. Evolução orgânica

Considerando-se o atual conhecimento dos mecanismos geradores de energia celular, pode-se afirmar que a sequência de eventos mais provável que deve ter ocorrido na evolução desses mecanismos, desde os ambientes primitivos há quase 3,5 x 10^9 anos, é

A) VI, III, V, II, IV, I.

B) I, II, III, IV, V, VI.

C) VI, V, IV, III, II, I.

D) III, I, II, IV, V, VI.

E) V, VI, II, IV, III, I.

12. (UFMG) Recentes pesquisas espaciais constataram a existência, na Via Láctea, de sistemas solares com planetas cuja atmosfera é semelhante à atmosfera primitiva da Terra. Essa atmosfera primitiva caracteriza-se pela ausência de

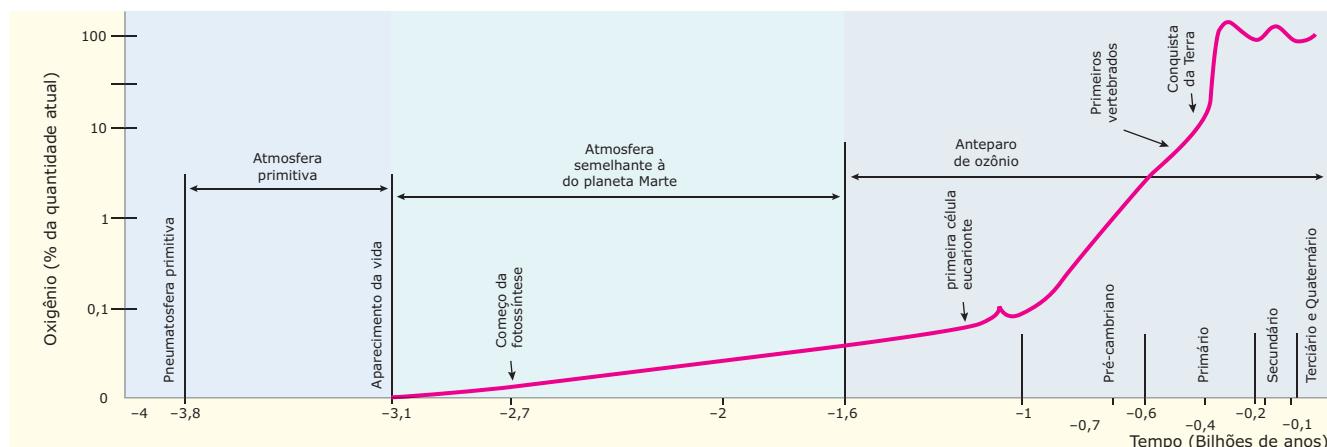
A) amônia.

B) gás carbônico.

C) metano.

D) oxigênio.

E) vapor de água.

13. (PUC Minas) De acordo com a teoria da origem da vida, elaborada por Oparin, são condições essenciais para que a vida tenha surgido na Terra, **EXCETO**

A) radiações ultravioleta em abundância.

B) existência de grande quantidade de descargas elétricas.

C) atmosfera com constituição bem diferente da atual.

D) espessa camada de ozônio.

E) temperatura elevada.

14. (PUC Minas) O bioquímico russo Oparin, em seu livro *A Origem da Vida*, admitiu que a vida sobre a Terra surgiu há mais ou menos 3,5 bilhões de anos.

A) **CITE** dois gases presentes na atmosfera primitiva.

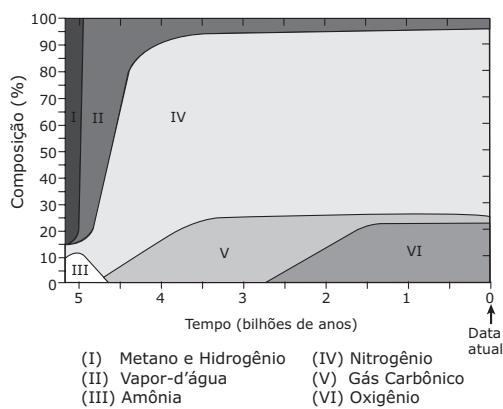
B) A que condições estavam submetidos os gases da atmosfera primitiva?

C) Que compostos químicos se originaram a partir dos gases iniciais?

D) Atualmente, sabemos que seres autótrofos constituem fonte básica de alimento. No entanto, admite-se que os primeiros organismos devem ter sido heterótrofos. A partir de onde os heterótrofos conseguiam seu alimento na Terra primitiva?

E) Qual o mecanismo utilizado pelos primeiros organismos para obtenção de energia?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1999) O gráfico a seguir representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos.

O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.

De acordo com o gráfico, é correto afirmar que

A) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O_2.
B) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
C) após o inicio da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
D) desde o Pré-cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
E) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já havia se estabilizado.

02. (Enem–2002) As áreas numeradas no gráfico mostram a composição em volume, aproximada, dos gases na atmosfera terrestre, desde a sua formação até os dias atuais.

The Random House Encyclopedias, 3. ed.,1990 (Adaptação).

Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que:

I. não podem ser detectados fósseis de seres aeróbicos anteriores a 2,9 bilhões de anos.
II. as grandes florestas poderiam ter existido há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.
III. o ser humano poderia existir há aproximadamente 2,5 bilhões de anos.

É correto o que se afirma em

A) I, apenas.
B) II, apenas.
C) I e II, apenas.
D) II e III, apenas.
E) I, II e III.

GABARITO

Fixação

01. D 02. B 03. E 04. D 05. B

Propostos

01. C
02. D
03. A
04. C
05. E
06. C
07. E
08. C
09. Soma = 6
10. E
11. A
12. D
13. D
14. A) A atmosfera primitiva continha amônia (NH_3), metano(CH_4), hidrogênio(H_2) e vapor-d'água(H_2O).
B) Os gases da atmosfera primitiva estavam submetidos a elevadas temperaturas, descargas elétricas e radiações provenientes do Sol e do espaço (principalmente radiação ultravioleta).
C) Entre os compostos que podem ter se originado a partir dos gases presentes na atmosfera primitiva, destacam-se os aminoácidos.
D) Os primeiros organismos heterótrofos obtinham alimentos na "sopa orgânica" que constituía os oceanos primitivos.
E) Devido à ausência de oxigênio (O_2) livre na atmosfera primitiva e pela simplicidade dos primeiros organismos vivos, é de se supor que eles obtivessem energia pelo processo da fermentação.

Seção Enem

01. A 02. A

BIOLOGIA

Teorias evolucionistas

MÓDULO 12 FRENTE D

Para explicar como ocorrem as modificações nas características dos seres vivos e o surgimento de novas espécies, várias teorias evolucionistas surgiram, entre as quais destacamos: o lamarckismo, o darwinismo e o neodarwinismo.

LAMARCKISMO

O biólogo francês Jean-Baptiste Lamarck foi um dos primeiros defensores do transformismo, isto é, um dos primeiros a admitir que os seres vivos se modificam com o passar do tempo. Em 1809, Lamarck, em seu livro *Philosophie Zoologique*, propôs uma hipótese na tentativa de explicar como ocorre o mecanismo de transformação das espécies, ou seja, como uma espécie poderia dar origem a outras espécies.

O lamarckismo baseia-se em dois pontos básicos: lei do uso e desuso e lei da transmissão das características adquiridas.

Segundo Lamarck, as alterações das condições ambientais desencadeariam em uma espécie a necessidade de se modificar, no sentido de promover a sua adaptação às novas condições do meio. Em consequência, a espécie adquiriria novos hábitos, fato que acarretaria a utilização mais intensa e frequente de certos órgãos ou partes do organismo, causando-lhes uma hipertrofia ou, então, que acarretaria o desuso de órgãos e estruturas do corpo, causando-lhes uma atrofia. Assim, pelo uso ou desuso de certos órgãos e estruturas do corpo, os indivíduos passariam a ter novas características, que os tornariam mais bem adaptados às condições ambientais. Através da reprodução, essas novas características passariam a ser transmitidas aos descendentes.

Vários foram os exemplos citados por Lamarck para ilustrar suas ideias evolucionistas. O mais célebre de todos foi o do pescoço das girafas atuais. Segundo Lamarck, os ancestrais das girafas tinham pescoços curtos, membros anteriores com o mesmo comprimento dos posteriores e viviam em um ambiente no qual a vegetação rasteira era relativamente escassa e, por isso, teriam sido forçados a se alimentarem de folhas situadas no alto das árvores. No esforço para terem acesso ao alimento, adquiriram o hábito de esticar o pescoço e as pernas anteriores e, assim, essas partes do corpo foram se desenvolvendo pelo uso frequente. Essas características adquiridas passaram a ser transmitidas de geração a geração, resultando nas atuais girafas de pescoços longos e de pernas dianteiras desenvolvidas.

Os ancestrais das girafas eram animais de pescoço curto. A necessidade de alcançar as copas das árvores exigiu esforço das girafas e promoveu um alongamento do pescoço e das pernas anteriores.

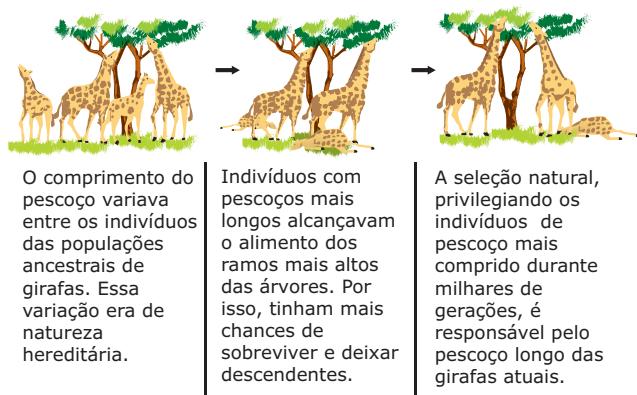
Como resultado do exercício constante, o pescoço ia se tornando cada vez mais comprido. Essa característica adquirida foi transmitida aos descendentes.

Milhares de anos depois, em consequência do uso intensivo e da transmissão à prole dos caracteres adquiridos, as girafas apresentaram como um todo, pescoço e pernas dianteiras alongados.

De forma semelhante ao que aconteceu com as girafas, o lamarckismo explica a longa perna da garça como uma decorrência de seu esforço para se manter com o corpo fora da água; coelhos teriam orelhas longas em resposta à frequente solicitação da audição, para perceber a aproximação de predadores. No esforço de canalizar melhor o som para o interior do conduto auditivo, os coelhos iam, gradativamente, esticando cada vez mais suas orelhas, inicialmente curtas, até resultar nas orelhas longas que atualmente possuem; tamanduás teriam garras desenvolvidas e língua comprida como resultado do uso frequente das garras, para remexer os formigueiros, e do esticamento da língua, no processo de captura de formigas; cactáceas teriam suas folhas reduzidas a espinhos como necessidade de adaptação à economia de água; as toupeiras atuais têm olhos atrofiados porque suas ancestrais, vivendo sob a terra, não necessitavam de visão.

A pouca utilização dos olhos teria feito com que eles se atrofiassem, e isso seria transmitido de geração a geração. Esses exemplos ilustram como o lamarckismo explica o surgimento de algumas características morfofisiológicas em determinadas espécies. Observe que, em todos os exemplos citados, o meio ambiente atua como um fator que "exige" modificações nos seres vivos, para que os mesmos possam se tornar adaptados às circunstâncias existentes.

Embora certo em suas convicções, o lamarckismo está errado em suas explicações. A lei do uso e desuso, por exemplo, embora correta para o caso dos músculos, não pode ser generalizada para todos os órgãos e todas as partes de um organismo. Além disso, sabemos que nenhuma alteração fenotípica provocada por fatores ambientais, isto é, nenhuma característica adquirida, se transmite à descendência. A maior falha da teoria está exatamente aí, na transmissão dos caracteres adquiridos ao longo das gerações. Apesar de suas falhas, Lamarck teve os seus méritos: foi um evolucionista ardente numa época em que predominava o fixismo e chamou a atenção para o fenômeno da adaptação ao meio como sendo um processo necessário para a evolução.

DARWINISMO

Em 1859, o naturalista inglês Charles Darwin expôs em seu livro *A Origem das Espécies* suas ideias evolucionistas que ficaram conhecidas como darwinismo.

O darwinismo baseia-se nos seguintes pontos:

- Os indivíduos de uma mesma espécie não são rigorosamente iguais uns aos outros. Há diferenças individuais que tornam alguns mais atraentes, mais fortes, mais rápidos, mais adaptados às condições de vida no ambiente do que outros não tão bem adaptados.
- As populações crescem numa progressão geométrica, enquanto as reservas alimentares crescem apenas numa progressão aritmética (fundamento este tirado de um livro de Thomas Malthus, economista inglês que muito influenciou Darwin na elaboração da sua teoria).
- Face à desproporção entre o crescimento da população e a quantidade de alimento disponível, os indivíduos empenhar-se-iam numa "luta pela vida".
- Como resultado da luta pela vida, haveria a **"seleção natural"** dos mais aptos em prejuízo dos menos aptos.

Apoiando-se nesses pontos, Darwin considerou que certas características poderiam contribuir para a sobrevivência e para a reprodução de certos indivíduos num determinado ambiente, constituindo variações "favoráveis". Indivíduos portadores de variações "desfavoráveis", por sua vez, teriam grandes dificuldades de sobrevivência e seriam extintos. Assim, as diferenças individuais já existentes entre os indivíduos de uma mesma espécie seriam selecionadas naturalmente pelo meio ambiente; o meio, então, como fator de seleção, preservaria os indivíduos portadores de variações favoráveis e eliminaria os portadores de variações desfavoráveis. Dessa maneira, a natureza iria, ao longo das gerações, "aprimorando" a espécie, de modo a torná-la cada vez mais adaptada ao meio ambiente.

Darwin também ilustrou suas ideias com alguns exemplos. Para explicar a origem das girafas atuais, ele argumentou da seguinte maneira: no passado, os ancestrais das atuais girafas tinham pescoços e patas dianteiras com tamanhos variáveis. Mas a competição pelo alimento disponível, a partir do momento em que a vegetação rasteira do meio começou a se tornar escassa, favoreceu os indivíduos portadores de pescoço longo e de patas dianteiras desenvolvidas, que, dotados de tais variações "favoráveis", teriam mais acesso às folhagens situadas no alto das árvores. Assim, a seleção natural favoreceu os indivíduos portadores dessas variações, em detrimento das girafas de pescoços e patas dianteiras curtas, que, lentamente, foram se extinguindo. Ao longo de várias gerações, sobreviveram apenas as girafas de pescoço longo e de patas dianteiras desenvolvidas, que hoje conhecemos.

O comprimento do pescoço variava entre os indivíduos das populações ancestrais de girafas. Essa variação era de natureza hereditária.

Indivíduos com pescoços mais longos alcançavam o alimento dos ramos mais altos das árvores. Por isso, tinham mais chances de sobreviver e deixar descendentes.

A seleção natural, privilegiando os indivíduos de pescoço mais comprido durante milhares de gerações, é responsável pelo pescoço longo das girafas atuais.

De forma semelhante ao exemplo anterior, o darwinismo explica as longas orelhas dos coelhos como uma variação "favorável" que foi selecionada, em contraposição aos coelhos de orelhas curtas. Como se sabe, as longas orelhas

favorecem a eficiência auditiva, o que determina nos coelhos portadores dessa variação uma maior capacidade de percepção de predadores, fato que lhes facilita a fuga; por sua vez, os tamanduás portadores de garras poderosas e línguas compridas eram favorecidos no processo de utilização de formigas como alimento e, assim, venceram a competição com outros animais não portadores de tais características, sobreviveram e se reproduziram, adaptando-se com sucesso ao meio em que vivem; por terem folhas reduzidas a espinhos, além de outras adaptações à economia de água, as cactáceas puderam adaptar-se e sobreviver às condições desérticas.

Nos exemplos citados, podemos constatar uma grande diferença entre a explicação de Lamarck e a de Darwin. O lamarckismo supõe que características novas são adquiridas por imposição do meio, enquanto o darwinismo considera que as características já existentes são apenas selecionadas pelo meio. Em outras palavras, para Lamarck o meio é causador das variações; para Darwin, o meio seleciona as variações. **É, pois, na influência do meio, que reside a maior diferença entre as ideias de Darwin e Lamarck.**

Um dos argumentos apresentados por Darwin em favor da seleção dos mais aptos baseou-se no estudo de espécies criadas e cultivadas pelo homem. Sabia-se que alguns animais domésticos e alguns vegetais cultivados pertenciam às espécies representantes ainda em estado selvagem.

Darwin se dedicou à criação de pombos, cujas variedades domésticas eram sabidamente originadas de uma única espécie selvagem, a *Columba livia*, a partir da seleção artificialmente conduzida pelos criadores. Sua conclusão foi que a seleção artificial podia ser comparada àquela que a natureza exercia sobre as espécies selvagens.

Da mesma forma que o homem seleciona reprodutores de uma determinada variedade ou raça, permitindo que apenas os que tenham as características desejadas se reproduzam, a natureza seleciona, nas espécies selvagens, os indivíduos mais adaptados às condições reinantes. Estes deixam um número proporcionalmente maior de descendentes, contribuindo significativamente para a formação da geração seguinte.

O darwinismo, entretanto, também cometeu falhas. Primeiramente, não soube explicar como surgem as novas variedades ou novas características entre os indivíduos de uma mesma espécie. Darwin partiu do princípio de que elas já existiam entre os indivíduos de uma mesma população. Também a afirmação de Malthus sobre a desproporção entre crescimento populacional e quantidade de alimentos estava profundamente exagerada e errônea. Lembre-se de que a ideia de Malthus muito influenciou Darwin na elaboração do conceito de seleção natural. Todavia, o fenômeno "luta pela vida", proposto por Darwin, é indiscutível, assim como é inegável a "seleção natural" dos mais aptos.

NEODARWINISMO

Como vimos, a teoria evolucionista proposta por Darwin não soube explicar as causas das variações ou variabilidades hereditárias das espécies. Essa explicação só pôde ser dada mais tarde, com a descoberta das mutações e com o desenvolvimento da genética. Apenas no século XX, com o redescobrimento dos trabalhos de Mendel e com o aprofundamento do conceito de gene, foi possível determinar os responsáveis pela variabilidade nos seres vivos: as **mutações** e a **recombinação gênica**.

As mutações são fontes básicas para toda variabilidade genética, pois fornecem a matéria-prima para a evolução. Os novos genes produzidos determinam características fenotípicas que poderão ou não ser úteis aos seres que as possuem. Caso sejam úteis e passadas à descendência, serão perpetuadas.

A recombinação gênica também contribui para a variabilidade. A reprodução sexuada, a segregação independente de dois ou mais pares de genes e o *crossing-over* são os fenômenos que permitem novos arranjos de genes que chegarão aos gametas, aumentando a variabilidade dessas células formadas durante a meiose e, consequentemente, aumentando a probabilidade de ocorrência de genótipos diferentes.

O neodarwinismo, mutacionismo ou, ainda, teoria sintética ou moderna da evolução, proposta no início da década de 1940, constitui uma ampliação das ideias de Darwin: explica as causas das variações nos seres vivos, coisa que o darwinismo clássico não conseguiu explicar.

As mutações e a recombinação gênica são as causas da variabilidade genética existente nos seres vivos, enquanto a seleção natural "modela" o processo evolutivo, direcionando-o por meio da "escolha" das variações

favoráveis ou adaptativas a um determinado meio. Enquanto as mutações e a recombinação gênica aumentam a variabilidade genética nos seres vivos, a seleção natural a diminui, uma vez que tende a extinguir os indivíduos portadores de variações desfavoráveis.

A mutação cria novos genes, e a recombinação os mistura com os genes já existentes, originando os indivíduos geneticamente variados de uma população. A seleção natural, por sua vez, favorece os portadores de determinados conjuntos gênicos adaptativos, que tendem a sobreviver e se reproduzir em maior escala que os outros.

A evolução, portanto, pode ser considerada como **resultado da seleção natural, atuando sobre a variabilidade genética**.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) "Tudo o que a natureza fez os indivíduos adquirirem ou perderem, por influência das circunstâncias a que se acha a sua raça exposta há muito tempo e, portanto, por influência do emprego predominante de certo órgão, ou da falta de uso de determinada parte, é conservado nos novos indivíduos que provêm da reprodução desses indivíduos, desde que as modificações adquiridas sejam comuns aos dois sexos, ou àqueles que produziram os novos indivíduos".

Essas palavras resumem o pensamento de um dos autores a seguir:

A) Mendel
B) Darwin
C) Lineu
D) Lamarck
E) Malthus

02. (PUC Minas) **NÃO** é princípio da Teoria da Evolução de Darwin:

A) Seleção natural.
B) Lei do uso e do desuso.
C) Sobrevivência do mais apto.
D) Cada geração sucessiva ficar mais bem adaptada ao ambiente.
E) Os organismos apresentarem variações hereditárias e, portanto, transmissíveis.

03. (Unifor-CE) Considere os seguintes itens:

I. Mutação
II. Adaptação ao meio
III. Seleção natural
IV. Uso e desuso dos órgãos
V. Herança dos caracteres adquiridos

A teoria de Lamarck leva em consideração apenas

A) I, II e III.
B) I, III e V.
C) II, III e V.
D) II, IV e V.
E) III, IV e V.

04. (UFMG) Sabe-se que a penicilina age de modo pouco eficaz sobre algumas bactérias, que, há algum tempo, não resistiam à ação desse antibiótico. Esse fenômeno pode ser atribuído

A) às mutações provocadas pela penicilina.
B) à resistência adquirida pelas bactérias quando em presença do antibiótico.
C) à produção em massa do antibiótico, tornando-o menos eficiente.
D) à seleção de bactérias já resistentes ao antibiótico.
E) à transmissão de características adquiridas através do tempo, devido ao meio ambiente.

05. (PUC Minas) Numere a segunda coluna de acordo com a primeira.

1. Lamarckismo
2. Darwinismo

( ) A falta de função do 3º molar (siso) nos seres humanos, decorrente dos seus hábitos alimentares, tem induzido seu desaparecimento.

( ) Para que mamíferos cetáceos se adaptassem à natação, suas patas foram aos poucos se transformando em nadadeiras.

( ) O uso constante de antibióticos em hospitais tem contribuído para a seleção de um número crescente de bactérias resistentes a eles.

( ) Para proteger-se de predadores, o bicho-pau desenvolveu forma e cor semelhante à de galhos secos.

Marque a alternativa que atribui a cada afirmação a respectiva ideia ou teoria evolutiva.

A) 1, 2, 1, 2

B) 1, 1, 2, 1

C) 1, 2, 1, 1

D) 2, 2, 1, 2

E) 1, 1, 2, 2

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (Cesgranrio) O principal ponto positivo do Darwinismo foi

A) a descoberta das mutações.

B) o conceito de seleção natural.

C) a constatação da herança dos caracteres adquiridos.

D) o estabelecimento da lei do uso e desuso.

E) a determinação da imutabilidade das espécies.

02. (PUC-Campinas-SP) Maria vinha sendo acometida por repetidas infecções de garganta. Foi-lhe desaconselhado o uso continuado de um determinado antibiótico, pois as "bactérias adquirem resistência ao mesmo". Assinale a alternativa que **MELHOR** interpreta a situação.

A) As bactérias, em contato com o antibiótico, tornam-se "acostumadas" ao mesmo até que ele não faça mais efeito.

B) Os antibióticos induzem as bactérias a se tornarem mais fortes.

C) As bactérias sofrem mutações sob ação dos antibióticos.

D) As bactérias mais resistentes ao antibiótico são selecionadas.

E) Pessoas alérgicas ao antibiótico liberam uma substância que torna as bactérias mais resistentes ao mesmo.

03. (UFU-MG) "O jacaré apresenta cauda longa, e esta característica lhe conferiu, no passado, uma maior possibilidade de fuga de predadores, além de ter aumentado sua capacidade para nadar e capturar mais presas, quando comparado com as espécies com caudas pequenas. Quanto mais um jacaré nadava, maior ficava sua cauda, sendo que essa característica de progresso para a espécie foi transmitida a seus filhos".

O trecho anterior caracteriza um argumento

A) evolutivo neodarwinista.

B) evolutivo darwinista.

C) criacionista.

D) evolutivo lamarckista.

E) fixista.

04. (FMU/FIAM-SP) A teoria sintética (ou atual) da evolução admite que

I. as alterações provocadas pelo ambiente nas características físicas de um organismo adulto são transmitidas aos seus descendentes.

II. os indivíduos de uma mesma espécie são diferentes entre si.

III. a mutação é um fator evolutivo.

Estão **CORRETAS** as afirmações:

A) Apenas I e II.

B) Apenas I e III.

C) Apenas II e III.

D) Apenas I.

E) Apenas II.

05. (UFPB) Segundo a teoria darwinista, a afirmação que explica de maneira mais **CORRETA** a resistência de bactérias aos antibióticos é:

A) Os antibióticos levam à formação de bactérias resistentes.

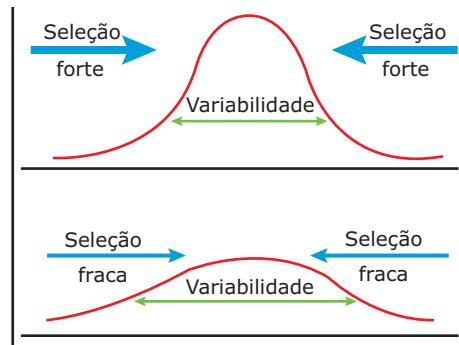
B) Todas as bactérias se adaptam aos antibióticos.

C) Os antibióticos selecionam as bactérias resistentes.

D) O uso inadequado de antibiótico provoca mutações nas bactérias.

E) As bactérias tornaram-se resistentes aos antibióticos devido ao contato com eles.

06. (FUVEST-SP) São mecanismos responsáveis pelo aumento da variabilidade genética dos organismos

A) a mutação, a seleção natural e a partenogênese.
B) a mutação, a autogamia e a recombinação gênica.
C) a mutação, a segregação independente dos cromossomos e a recombinação gênica.
D) a seleção natural, a segregação independente dos cromossomos e a autogamia.
E) a seleção natural, a recombinação gênica e a partenogênese.

07. (UEBA) A ideia de uma seleção natural, segundo a qual os organismos mais bem adaptados ao meio têm maiores chances de sobrevivência e produzem um número maior de descendentes, é a base

A) da teoria lamarckista, apenas.
B) da teoria darwinista, apenas.
C) da teoria neodarwinista, apenas.
D) das teorias lamarckista e darwinista.
E) das teorias darwinista e neodarwinista.

08. (USU-RJ) Darwin poderia ter sido o autor de uma das frases a seguir. Indique a alternativa **CORRETA**.

A) Graças à pressão ambiental, o morcego desenvolveu as asas.
B) O voo dos morcegos foi possibilitado pelo gradual desenvolvimento das asas.
C) Por possuir asas, o morcego adaptou-se ao voo.
D) O uso contínuo das asas provocou o seu desenvolvimento.
E) O hábitat ocupado pelos morcegos induziu o desenvolvimento das asas.

09. (PUC Minas–2006) O esquema a seguir mostra a relação entre seleção e variabilidade genética.

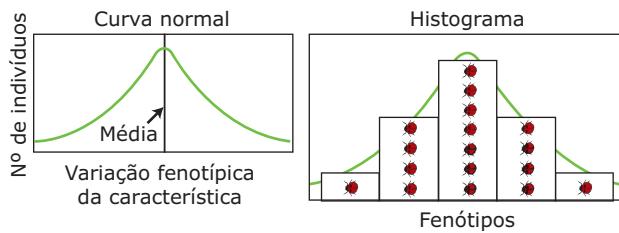
Sobre esse assunto, é correto afirmar, **EXCETO**

A) A seleção natural tende a aumentar a variabilidade genética, pois apenas alguns genótipos serão selecionados.
B) Quanto mais intensa for a seleção natural sobre uma determinada população, menor será sua variabilidade.
C) Mesmo que o ambiente não se altere, a seleção natural atua permanentemente como fator estabilizador de fenótipos mais bem adaptados.
D) A evolução é o resultado da atuação da seleção natural sobre a variabilidade genética de uma população.

10. (PUC Minas) Considere as duas afirmativas a seguir:

I. O rato-do-deserto vive no deserto porque seu organismo está fisiologicamente adaptado para grande economia de água.
II. O rato-do-deserto tem seu organismo fisiologicamente adaptado para grande economia de água, porque vive no deserto.

Assinale a afirmativa que Lamarck defenderia, e o argumento que utilizaria.

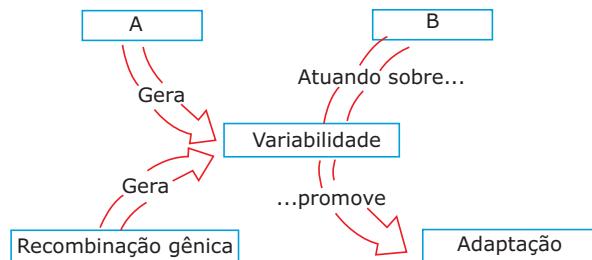
A) I, baseado nas variações favoráveis que a espécie apresenta em relação ao seu tipo de hábitat.
B) II, baseado na necessidade de adaptação a uma característica do hábitat.
C) I, baseado na seleção natural representada pelas condições do meio.
D) II, baseado na observação de que os indivíduos que mais se reproduzem naquele hábitat são os mais aptos a sobreviver nele.
E) Tanto I quanto II, levando em consideração a seleção natural e a herança de caracteres adquiridos.

11. (UEL-PR) Considere a frase a seguir:

"As cactáceas transformaram suas folhas em espinhos para conseguirem sobreviver em regiões semiáridas."

Ela expressa as ideias de

A) Darwin, por considerar a ação da seleção natural.
B) Darwin, dado que as folhas sofreram adaptação ao meio.
C) Darwin, uma vez que atribui a presença de espinhos a uma mutação gênica.
D) Lamarck, por ressaltar a transmissão de características selecionadas aos descendentes.
E) Lamarck, porque relaciona o aparecimento de espinhos à necessidade de sobrevivência em ambiente semiárido.

12. O gráfico a seguir representa a curva normal de distribuição de diferentes fenótipos referentes a uma determinada característica numa população:

Dependendo das condições ambientais, a seleção natural pode atuar nessa população favorecendo determinados fenótipos. Assim, temos:

- **Seleção natural direcional** → Favorece um dos fenótipos extremos da curva de distribuição normal, aumentando na população a frequência dos indivíduos portadores do referido fenótipo.
- **Seleção natural estabilizadora ou normalizadora** → Favorece os fenótipos médios da curva de distribuição normal, em detrimento dos fenótipos extremos, mantendo elevada na população a frequência dos indivíduos com fenótipos médios.
- **Seleção disruptiva ou diversificadora** → Favorece os indivíduos com fenótipos de ambos os extremos da curva de distribuição normal, em detrimento dos indivíduos com fenótipos médios.

Analise as três situações descritas a seguir:

I. "Pesquisas feitas em diversos hospitais mostram que crianças nascidas com peso em torno da média (de 3 a 4,5 kg) têm maiores chances de sobreviver do que crianças com pesos muito grandes ou muito pequenos."

II. "Num ambiente em que os alimentos para os pássaros estão representados predominantemente por sementes duras e larvas, seriam favorecidos os pássaros de bico fino e delicado (que tem facilidade de capturar larvas) e pássaros de bico maior e mais forte (capaz de quebrar sementes). Pássaros de bicos intermediários levariam desvantagem por não serem muito hábeis na obtenção de nenhum dos dois tipos de alimento."

III. "O aumento da utilização dos antibióticos e, principalmente, o seu uso indiscriminado contribuíram para eliminar as bactérias sensíveis das populações, deixando o caminho livre para as bactérias resistentes proliferarem."

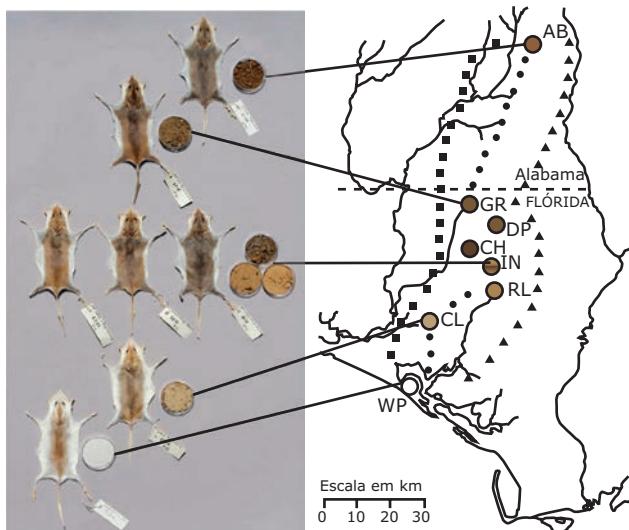
Que tipo de seleção natural atua nas situações I, II e III descritas anteriormente?

13. (FUVEST-SP) O desenvolvimento da Genética, a partir da redescoberta das leis de Mendel, em 1900, permitiu a reinterpretação da Teoria da Evolução de Darwin. Assim, na década de 1940, formulou-se a Teoria Sintética da Evolução. **INTERPRETE** o diagrama a seguir, de acordo com essa teoria.

A) Que fator evolutivo está representado pela letra A?

B) Que mecanismos produzem recombinação gênica?

C) Que fator evolutivo está representado pela letra B?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2005) As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural.

As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu "chocalho", que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas.

Ultimamente, os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

A) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.

B) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.

C) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.

D) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.

E) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

02. (Enem–2009) Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.

MULLEN, L. M.; HDEKSTRA, H. E. *Natural selection along an environment gradient:* a classic cine in mouse pigmentation. Evolution, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

A) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.

B) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.

C) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.

D) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, tem maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.

E) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

03. (Enem–2010) Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns, ausência de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

A) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.

B) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.

C) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.

D) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.

E) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

GABARITO

Fixação

01. D   02. B   03. D   04. D   05. B

Propostos

01. B   04. C   07. E   10. B

02. D   05. C   08. C   11. E

03. D   06. C   09. A

12. I. Seleção estabilizadora (normalizadora).

II. Seleção disruptiva (diversificadora).

III. Seleção direcional.

13. A) Mutação.

B) Reprodução sexuada, segregação independente dos genes alelos e *crossing-over*.

C) Seleção natural.

Seção Enem

01. D   02. C   03. B